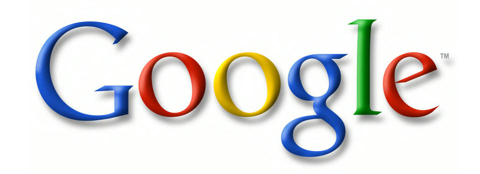
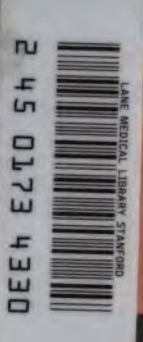




GRABER.

GRUNDLINIEN ZUR ERFORSCHUNG DES HELLIGKEITS UND FARBENSINNES DER TIERE.



GRUNDLINIEN ZUR ERFORSCHUNG

DES

HELLIGKEITS- UND FARBENSINNES

DER

TIERE

VON

VITUS GRABER.

MIT 4 ABBILDUNGEN.

PRAG
F. TEMPSKY.

1884.

LEIPZIG
G. FREYTAG.



GRUNDLINIEN ZUR ERFORSCHUNG

DES

HELLIGKEITS- UND FARBENSINNES

DER

TIERE

VON

VITUS GRABER.

MIT 4 ABBILDUNGEN.

PRAG
F. TEMPSKY.

1884.

LEIPZIG
G. FREYTAG.

Druck von Heinr. Mercy in Prag.

SEINEM

HOCHVEREHRTEN LEHRER

PROFESSOR C. HELLER

IN INNSBRUCK

DER VERFASSER.

VORWORT.

Son animali al mondo di si altera
Vista, che 'ncontr' al Sol pur si difende;
Altri, però che 'l gran lume gli offende,
Non escon fuor se non verso la sera.
Petrarca, Son. XV.

Erwägt man, dass die Frage, ob die verschiedenen Tiere mit Hilfe ihrer Augen oder vielleicht auch auf andere Weise Farben zu unterscheiden im Stande sind, nicht nur an und für sich ein hohes Interesse gewährt, sondern u. A. auch für die Lehre von der Zuchtwal von grösster Wichtigkeit ist, so darf man wol einigermassen darüber staunen, dass, abgesehen von einigen wenigen und nur ein paar niedere Tiere betreffenden Arbeiten, z. B. jenen von Sir John Lubbock, H. Müller und Mereschkowsky, zu ihrer exacten Beantwortung noch so viel wie gar nichts geschehen ist, und noch mehr muss man sich darüber verwundern, dass man sich in Ermangelung von einschlägigen Tatsachen mit allerlei z. T. sich selbst widersprechenden Hypothesen und Meinungen zufriedengibt, die mitunter sogar, wie der Leser sehen wird, in der prätentiösen Form von Dogmen auftreten, die man glauben „muss“.

Auf welche Abwege man aber gerät, wenn die blosse Speculation an die Stelle des Experimentes und des nüchternen Denkens gesetzt wird, das zeigt sich u. A. in einem Aufsatz von G. Jaeger „Einiges über Farben und Farbensinn“ [1]), in welchem ganz allgemein Gelb und Rotgelb als Ekel-, Rot, Blau etc. als Lockfarbe bezeichnet werden, und noch deutlicher erhellt dies aus dem trotz seines vielfach geradezu romanhaften Charakters in die „Darwinistischen Schriften“ (Nr. 7, 1880) aufgenommenen grösseren Werke von Grant Allen[2]), in dem beispielsweise und zwar als angebliche Argumente für den farbenbildenden Einfluss des Farbensinnes sogar (p. 5) „the rosy cheeks and pink lips of English maidens“ eine Rolle spielen.

Letzteres Buch gab aber, wie ich zu erklären keinen Anstand nehme, den Hauptanstoss zu den vorliegenden Untersuchungen, mit

---

1) Kosmos von E. Krause I. Bd. pag. 486–495.

2) The colour sense: its origin and development. An essay in comparative Psychology. London 1879.

denen ich mich unausgesetzt zwei volle Jahre beschäftigte, und die eben vor Allem den Zweck verfolgten, den Farbensinn oder richtiger zunächst das Farbengefühl oder den Farbengeschmack bei möglichst vielen und zwar auch bei höheren, bisher in dieser Richtung ganz unbeachtet gelassenen Tieren zu erforschen. Um auch gleich die allgemeinsten Resultate dieser Studien zu berühren, die leider nicht auch auf marine Formen ausgedehnt werden konnten, so ergaben dieselben — was für den Wert der auf rein speculativem Weg zu erlangenden Naturerkenntnisse gewiss sehr bezeichnend ist — gerade das Gegenteil von dem, was Grant Allen postuliert. Während nämlich dieser Forscher zunächst behauptet, dass die Tiere nur ganz ausnahmsweise auf Farben reagieren, so dass, wie er sich ausdrückt, die positiven Ergebnisse „nur Oasen in einer Wüste von (in Wirklichkeit ja gar nie angestellten!) Fehlversuchen bilden", ersieht man aus meinen Experimenten, dass von den über ein halbes Hundert zälenden verschiedenen Versuchsobjecten nur einige wenige nicht reagierten, alle übrigen dagegen eine unverkennbare, ja meist geradezu eine überraschend starke Vorliebe für gewisse Lichtqualitäten an den Tag legten.

Und während dann Grant ferner, ähnlich wie G. Jaeger u. A. die auf sogenannte indirecte Beweise[1]) basirte Anschauung vertritt, dass alle Tiere im Wesentlichen den gleichen Farbengeschmack besitzen, indem sie vorwiegend durch die „schönen" und „brennenden" Farben angezogen werden sollen, ergibt sich aus meinen Versuchen, dass in dieser Hinsicht nicht einmal innerhalb einer kleinen Abteilung von Tieren irgend eine Übereinstimmung herrscht, indem beispielsweise unter den Pseudoneuropteren die Larve von Libellula depressa das langwellige oder rote, das Imago von Agrion hingegen das kurzwellige oder blaue Licht am meisten bevorzugt.

Ganz besonders möchte ich den Leser unter Verweisung auf den IV. Abschnitt des I. Teiles u. A. noch darauf aufmerksam machen, dass die grosse Zal der gemachten Farben-Experimente zu z. T. höchst interessanten Vergleichen bezüglich der relativen Stärke des Farbengeschmackes der verschiedenen Tiere, sowie betreffs der Wirkung verschiedener Differenzen in der Wellenlänge der einzelnen Wal-

[1]) Mit Bezug darauf, dass Prof. Günther in seiner Anzeige des Grant'schen Opus (Kosmos von E. Krause 8. Bd. 1881) „von in reichster Fülle mitgeteilten Untersuchungen über den Farbensinn der Tiere" spricht, muss ich ausdrücklich bemerken, dass unter diesen Untersuchungen auf keinen Fall vom Verfasser selbst angestellte Experimente gemeint sein können, denn solche wird der Leser in Grant's Buch ganz vergeblich suchen.

oder Contrast-Lichter Anlass bietet, ja, ich glaube dies behaupten zu dürfen, ein neues Feld für psychophysische Messungen und Erörterungen eröffnet.

Es war mir aber nicht nur darum zu tun, für die Erforschung des Farbensinnes eine möglichst breite, sondern auch eine möglichst sichere Grundlage zu schaffen, und eben zu diesem Zwecke wurde, wie schon der Titel und das Motto meines Buches andeutet, auch die Untersuchung des Helligkeitsgefühles in das Bereich meines Planes gezogen; denn wenn auch u. A. E. Krause in seiner Einleitung zur deutschen Übersetzung des Grant'schen Werkes (p. X.) die Behauptung aufstellt, „dass die Lichtquantität (also die Helligkeit) der Farben in Bezug auf ihre Unterscheidung gegenüber der Lichtqualität eine untergeordnete Rolle spiele“ [1]) und auch bei allen bisherigen einschlägigen Untersuchungen mit Ausnahme der erst während der Drucklegung dieses Buches erschienenen Arbeiten von Lubbock und Mereschkowsky die Intensitätsverhältnisse meist ganz unberücksichtigt gelassen wurden, so wird sich der Leser bei der Durchsicht meiner Versuchsergebnisse bald überzeugen, dass der Ausfall einer Farbenwal, bei gewissen Tieren und unter gewissen Umständen wenigstens, nicht nur durch die Länge der Wellen, sondern auch durch die Amplitude der Schwingungen des Lichtes bedingt ist, oder dass es sich mit anderen Worten um eine aus zwei Componenten zusammengesetzte Resultierende handelt. — Leider standen mir zur Vergleichung der Helligkeit der farbigen Wallichter nur sehr unvollkommene Hilfsmittel zu Gebote; auf Grund der Controlbestimmungen indess, welche Herr Prof. Mach in Prag so freundlich war, an mehreren meiner Farben-Gläser vorzunehmen, und mit Rücksicht auf gewisse andere im methodischen Teil auseinandergesetzte Vorsichtsmassregeln, glaube ich behaupten zu dürfen, dass meine einschlägigen Versuche jedenfalls genauer und verlässlicher als die meisten früheren sind, und dürften manche der erzielten Resultate, wie z. B. jene über den Zusammenhang zwischen der Rot-Blau und der Hell-Dunkel (eigentlich Viel-Weiss und Wenig-Weiss) Vorliebe wol ein allgemeineres Interesse verdienen und vielleicht der Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen sein.

In Bezug auf die der Darlegung meiner Experimente folgende kritische Besprechung der herrschenden Anschauungen über die biologische Bedeutung der Farben an gewissen Naturgegenständen,

---

[1]) Merkwürdigerweise behauptet G. Jaeger (l. c.) gerade das Gegenteil, indem er meint, dass es bei den Blumen mehr die Helligkeit als die Farbe ist, welche auf die Bienen wirkt.

z. B. an Blumen und Früchten, möchte ich schon zum Vorhinein daran erinnern, dass es mir um gar nichts Anderes als um die Klarstellung der wirklichen Sachlage zu tun war und wolle man meinen Bemerkungen nicht etwa einen antidarwinischen Sinn unterschieben.

Um wieder auf die Experimente zurückzukommen, so beschränken sich dieselben aber keineswegs auf die mit Augen versehenen Tiere, sondern ich zog, um die von der modernen Entwicklungslehre postulierte Lichtempfindlichkeit der Haut näher zu prüfen, auch augenlose sowie der Augen beraubte oder geblendete Tiere in das Bereich meiner Untersuchungen, und es dürften die betreffenden im II. Teil des Buches niedergelegten Ergebnisse, über die auch bereits ein kurzer, aber, wie es scheint, Wenigen zu Gesicht gekommener Vorbericht [1]) erschienen ist, nicht nur an und für sich, sondern namentlich auch mit Rücksicht auf gewisse physiologische und morphologische Fragen eine besondere Beachtung verdienen und gleichfalls die Grundlage für weitere Untersuchungen bilden.

Erwähnen möcht' ich dann noch, dass ich den auf die mehr cursorisch geprüften Tiere bezüglichen Reactionsziffern keineswegs einen entscheidenden Wert beilege, und wird man in Anbetracht der bedeutenden Zal meiner Experimente und der oft ungemein schwierigen Beschaffung entsprechend vieler Versuchsobjecte, wie ich hoffe, einige Nachsicht haben, wenn eine eingehendere Nachprüfung hie und da ein anderes Resultat ergeben sollte.

Schliesslich kann ich in Bezug auf die äusseren Verhältnisse, unter denen ich meine Versuche anstellte, nicht umhin zu bemerken, dass dieselben ganz ausserordentlich ungünstige waren, und sei u. A. nur constatiert, dass ich in Ermanglung eines anderen geeigneten Locales am hiesigen zoologischen Institut die Beobachtungen mit dem Genus Sus und mit andern grösseren Tieren im Unterrichtszimmer machen musste. Doch je grösser die von Aussen kommenden Hindernisse waren, desto mehr fühlt' ich mich angespornt, wenigstens meinerseits zu tun, was möglich war, und ich glaube, dass dies auch in der Tat geschehen ist.

Czernowitz, zu Weihnachten 1883.

V. Graber.

---

[1]) Fundamentalversuche über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit augenloser und geblendeter Tiere. Sitz.-Ber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien I. Abt., Aprilheft, Jahrg. 1883.

ERSTER TEIL.

Helligkeits- und Farbensinn der Augentiere.

I. Abschnitt.

Kritische Besprechung der bisherigen Versuche.

1. P. Bert's Versuch an den Daphniden.[1]

P. Bert gebührt das Verdienst, die Frage nach der Farbenempfindlichkeit oder Chromopathie der Tiere zuerst einer strengeren experimentellen Prüfung unterzogen zu haben. Er projicierte zu dem Behufe auf einen mit Wasser gefüllten länglichen Trog, in dem sich die Versuchstiere befanden, ein entsprechend breites Sonnenspectrum und beobachtete dann, welche der einzelnen Farben-Zonen am stärksten besucht wird. Das Ergebnis war die Constatierung einer auffallenden Vorliebe für die Zone, welche uns am hellsten erscheint, nämlich für das Gelb-Grün. Hören wir seine eigenen Worte: „Les Daphnies," sagt er, „qui peuplaient l'eau de la cuve ne tardèrent pas à se grouper d'une manière extrêmement curieuse. L'immense majorité se plaça dans le jaune, le vert, l'orange; c'etait une agitation, un grouillement extraordinaires." Bezüglich dieses Experimentes ist nun vor Allem zu bemerken, dass es die Frage, ob denn die Daphniden für gewisse Farben als solche eine Vorliebe haben, vollkommen unentschieden lässt, denn die nachgewiesene Präferenz des Gelb-Grün kann ja — wenn wir von einer allfälligen thermischen Wirkung ganz absehen — gerade in der relativ grossen Helligkeit und nicht in der Qualität des betreffenden Lichtes ihren Grund haben.

Betrachten wir nun die Folgerungen, welche Bert selbst aus seinem Experimente zieht.

Zunächst behauptet er, dass das Gelb-Grün auf die Daphniden denselben Eindruck wie auf uns macht.

[1]) Paul Bert, Sur la question de savoir si tous les animaux voient les mêmes rayons lumineux que nous. (Archives de Physiologie, 1869 t. II. p. 553—554.)

„En un mot," heisst es nämlich, „la region la plus lumineuse du spectre etait pour ces Daphnies la même que pour nous. Ces animaux se comportaient comme l'auraient fait des hommes qui, eclairés par un spectre immense et voulant lire un livre, par exemple, s'approcheraient tous du jaune et s'éloigneraient du violet."

Dieser Schluss leidet offenbar an einem doppelten Fehler. Erstens ist nämlich nicht konstatiert, dass die Daphniden unter allen Umständen das uns heller erscheinende Licht dem uns dunkler erscheinenden vorziehen und zweitens ist es ja möglich, dass ihre Sympathie für die lichtstärkste Spectrumzone eben nicht durch die Helligkeit, sondern durch den Farbenton bedingt ist, und in keinem dieser Fälle kann dann die Rede davon sein, dass die Spectrumzone, welche uns am hellsten erscheint, auch von den Daphniden als solche angesehen wird.

Aus der Tatsache, dass gewisse Daphniden mit Vorliebe das Gelb und Grün des Spectrums aufsuchen, schliesst aber P. Bert nicht allein, dass die in Rede stehenden Krebse dasselbe Farbensehen wie wir besitzen, sondern er geht so weit zu behaupten, dass sich diese Übereinstimmung auf alle Tiere ohne Ausname erstrecke!

Die betreffenden Thesen lauten:

A. „Tous les animaux voient les rayons spectraux que nous voyont."

B. „Ils ne voient aucun de ceux (Ultrarot, Ultraviolet), que nous ne voyons pas."

C. „Dans l'etendue de la région visible, les différences entre les pouvoirs éclairants des différents rayons colorés sont les mêmes pour eux et pour nous."

Da P. Bert sich doch nicht über die Tatsache hinwegsetzen konnte, dass die das Lichtempfinden vermittelnden Organe der Tiere einen sehr verschiedenen Bau haben, so musste er consequenterweise den obigen drei Dogmen noch ein viertes hinzufügen, dahin lautend, dass die Augen bei der Lichtperception überhaupt nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen, und dass das Massgebende beim Sehen der (centrale) Nervenapparat ist.

„Puisque les limits," schreibt er nämlich, „de visibilité semblent (sic!) être les mêmes pour les animaux et pour nous, ne trouvons pas là une raison de plus pour supposer que la rôle des milieux de l'oeil est tout à fait secondaire, etque la visibilité tient à l'impressionabilité de l'appareil nerveux lui-mêmes?"

Sollte es denn, muss man sich wol unwillkürlich fragen, P. Bert mit diesen seinen Aufstellungen wirklich ernst gewesen sein?

2. J. Lubbock's Versuche an Daphnia pulex.[1]

Obzwar diese Experimente in eine spätere Zeit fallen als gewisse andere vom selben Forscher angestellte Versuche, so glaubte ich sie doch wegen der Gleichheit des Objectes an jene von P. Bert anreihen zu sollen.

Die einschlägige Vorrichtung bestand in einem hölzernen mit Wasser gefüllten Trog von 14 engl. Zoll Länge und 4″ Breite. Auf diesen wurde nun, analog wie beim Experiment Bert's, ein Spectrum projiciert und zwar so, dass die Kufe beiderseits etwas über die Grenzen desselben hinaus reichte. Ferner konnte das Gefäss durch Glasschieber in beliebige den diversen Spectrumzonen entsprechende Abteilungen oder Kammern geteilt werden.

Es wurden dann für jede Versuchsreihe 50 bis 60 Stück Tiere in den Trog getan, gleichmässig verteilt und dann 5 bis 10 Minuten der Einwirkung gewisser resp. aller spectralen Lichtarten ausgesetzt, worauf schliesslich die Schieber eingesetzt und die in den einzelnen Kammern befindlichen Tiere genau abgezält wurden.

Wie alle derartigen Untersuchungen Lubbock's beruhen auch die in Rede stehenden auf sehr zahlreichen Einzelbeobachtungen; ich muss mich aber hier auf die Mitteilung und Discussion der Hauptresultate beschränken, und werde dann am Schlusse zeigen, was man eigentlich aus denselben in Bezug auf den Farbensinn oder Farbengeschmack der betreffenden Tiere ersehen kann.

Das Ergebnis der ersten aus fünf Ablesungen bestehenden Versuchsreihe war:

	Ultra-Rot	Rot u. Gelb	Gelb-Grün u. Grün	Blau	Violet	Ultra-Violet
1)	4	101	133	12	0	0

Die zweite Versuchsreihe (10 Ablesungen) ergab dann:

	Schwarz	Violet	Blau	Grün	Gelb	Rot
2)	1	5	32	*298*	74	90

Während bekanntlich Bert behauptet, dass das Anziehungsmaximum mit der lichtstärksten Zone, also mit dem Gelb resp. Gelbgrün

---

[1]) On the sense of Colour among some of the Lower Animals. Linnean Society's Journal, Zoology Vol. XVI., November 17, 1881. Vgl. dazu die erst während der Drucklegung dieses Werkes erschienene Mitteilung desselben Autors in d. Lin. Soc. 19. April 1883, übersetzt im Biologischen Centralblatt III. Bd. No. 7. Bei den betreffenden Experimenten wurde speciell das Helligkeitsgefühl einer näheren Prüfung unterzogen.

zusammenfalle, lehrt vorstehende Versuchsreihe und noch deutlicher eine folgende, dass entschieden das Grün dem Gelb vorgezogen wird; denn ist auch die Grün-Zone fast dreimal so breit wie die Gelb-Zone, so ist doch die Zal der Grün-Besucher (298) mehr als viermal so gross wie jene der Gelb-Besucher (74).

Die weiteren Versuche beziehen sich, wie L. sich ausdrückt, auf die Prüfung der Grenzen des Sehens (in order to test the limits of vision) am roten, resp. ultraroten Spectrumende.

Es wurden diesfalls 9 Beobachtungen gemacht, die ich im Folgenden, obwol dies zum Teil nicht streng zulässig ist, zusammenziehe.

Das Ergebnis ist:

	Rot	Ultrarot	Schwarz
3)	247	22	—
4)	176	13	21

Daraus ersieht man zunächst — auf die Schlüsse des Experimentators komme ich später zurück — dass hinsichtlich der attractiven Wirkung auf die betreffenden Tiere zwischen Rot und Ultra-Rot ein sehr grosser, dagegen zwischen Ultra-Rot und Schwarz kaum ein Unterschied besteht.

Mit ganz besonderer Sorgfalt prüfte dann L. noch das Verhalten der Daphniden gegenüber dem Ultraviolet, und diese Versuche sind es auch, wie ich gleich hier bemerken will, welche unter allen bisherigen Farbensinn-Experimenten die grösste Bedeutung haben.

Ein erster Versuch zeigt das Attractionsverhältnis zwischen:

	Ultraviolet	Violet	Schwarz
5)	45	238	17

Darnach wird also das (uns) sichtbare Violet bei weitem dem uns unsichtbaren Ultraviolet vorgezogen, und scheint es ferner, dass auch dem Ultraviolet, obwol es uns im allgemeinen fast denselben Eindruck wie das Schwarz macht, dennoch vor letzterem der Vorzug gegeben wird.

Die relative Anziehungskraft zwischen dem Schwarz und dem Ultraviolet eingehender zu prüfen war dann die Aufgabe der nächsten Versuchsreihe, bei welcher die ganze ultraviolette Zone in drei gleichbreite Unterabteilungen zerlegt wurde, die ich nach ihrer Entfernung vom sichtbaren (Violet) Spectrumende mit den Zalen 1 (Ultraviolet) 2 („further ultrav.“) 3 („still further ultrav.“) bezeichne.

Hier das Ergebnis in extenso:

	Ultraviolet			Schwarz
	3. Zone	2. Zone	1. Zone	
Exp. 1	0	6	52	2
„ 2	0	5	52	3
„ 3	0	6	50	4
„ 4	0	4	53	3
„ 5	0	4	54	2
6)	0	25	261	14

Daraus folgt zunächst zweierlei. Erstens, dass das Ultraviolet im Ganzen bei weitem dem Schwarz vorgezogen wird und zweitens, dass die Anziehungskraft des Ultraviolet gegen die äussere Grenze desselben hin sehr bedeutend abnimmt.

Aus dem Umstande, dass die Schwarz-Abteilung, wie man sieht, von 14 Tieren besucht wurde, während die äusserste Ultravioletzone stets ganz verlassen blieb, müsste man, streng genommen, schliessen, dass im Gegensatz zum näheren und mittleren Ultraviolet das äusserste weniger anziehend als eigentliches Schwarz wirke.

Und doch dürfte dies, wie schon a priori anzunehmen, kaum der Fall sein. Die Mehr-Frequenz des Schwarz gegenüber dem äussersten Ultraviolet hat offenbar eine andere aber von Lubbock nicht klar genug ausgesprochene Ursache.

Wie ich bei Besprechung der Methode meiner eigenen Versuche noch näher zeigen werde, ist die Prüfung des Lichtgefühles gegenüber mehreren verschiedenen Lichtreizen fast immer mit Fehlern verbunden; im vorliegenden Fall z. B. ist der relativ starke Besuch des Schwarz offenbar dadurch bedingt, dass diese Abteilung unmittelbar an die weitaus am meisten frequentirte erste Ultravioletzone gränzt, während die dritte Ultravioletkammer neben einer nur schwach besuchten Abteilung (2) liegt.

Um über das attractive Verhältnis zwischen dem Schwarz und dem äussersten Ultraviolet ins Reine zu kommen, hätten die betreffenden Lichtzustände, was aber L. zu thun vergass, unmittelbar mit einander verglichen werden müssen.

Sehen wir nun, was sich denn eigentlich aus den vorstehenden Experimenten folgern lässt.

Da Lubbock seiner Arbeit den Titel „On the sense of colour“ gibt, muss man wol annehmen, dass er bei seinen Versuchen auch wirklich den Zweck verfolgte, die Wirkung verschiedenfarbiger Lichter resp. das Vermögen ihrer Unterscheidung zu erforschen.

Nun ergibt sich zwar schon aus der Kritik der Bert'schen Arbeit, sowie aus früheren Bemerkungen, dass dieses Ziel hier nicht erreicht wurde; es scheint mir aber bei der herrschenden Begriffsverwirrung nicht überflüssig zu sein, wenn ich hier das Unzureichende der angewandten Methode noch einmal und etwas eingehender beleuchte.

Gehen wir zurück auf das Ergebnis des Versuches 1) (pag. 5), betreffend die einzelnen Abschnitte des (uns) sichtbaren und unsichtbaren Spectrums, so ergibt sich daraus zunächst das eine zweifellose Resultat, dass die Wirkung der verschiedenen spectralen Lichter zum Teil eine sehr ungleiche ist, indem z. B. Blau viel anziehender als Violet, und Grün wieder viel anziehender als Blau ist. Ist es aber, fragen wir wieder, die Farbe als solche, resp. die Wellenlänge, welche diese Unterschiede hervorbringt, oder kann es nicht sein, dass verschiedene Helligkeitsabstufungen einer und derselben Farbe oder des Weiss ein ähnliches Resultat ergeben?

Es ist wirklich auffallend, dass L., da ihm schon so reiche physikalische Hilfsmittel zu Gebote standen, gar nicht daran dachte — die Wirksamkeit verschiedenfarbiger Spectrumstreifen von gleicher oder annähernd gleicher Helligkeit, wie etwa des Rot B und Blau G zu studieren. [1])

Übergehend auf die Versuchsreihe 2) erfahren wir, dass das Schwarz viel weniger als die einzelnen sichtbaren Spectrumzonen besucht wird. Daraus und aus dem Umstande, dass auch das lichtschwache Spectrum-Violet nur sehr schwach frequentiert ist, ergibt sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, dass die Daphniden das Dunkle fliehen oder dass sie photophil sind. Dies ist indess nach den gemachten Versuchen noch lange nicht gewiss, denn der Mehrbesuch des helleren Lichtes kann ja eben wieder in der Farbe und nicht in der Helligkeit seinen Grund haben, und so ist es doch klar, dass man nicht den Farbensinn studieren kann, ohne vorher den Helligkeits-Sinn geprüft zu haben. Warum, frägt man unwillkürlich, hat Lubbock nicht wenigstens den so einfachen Versuch mit Schwarz-Weiss gemacht, oder wenn er ihn gemacht hat, vergessen, uns das Ergebnis desselben mitzuteilen?

Ich komme nun zu den Versuchen 3) und 4) bezüglich der relativen Wirksamkeit des Rot, Ultrarot und Schwarz.

Aus dem Umstande, dass während das (uns) sichtbare Rot eine relativ hohe Frequenzziffer aufweist, das Ultrarot ungefär in dem-

---

[1]) Das ist (vgl. oben) inzwischen geschehen.

selben Grade wie das Schwarz gemieden wird, glaubt L. mit Sicherheit („certainly") schliessen zu dürfen, dass die Sichtbarkeit am roten Spectrumende für die Daphniden ungefär so weit, wie für uns geht. Gegen die Zulässigkeit dieser Folgerung habe ich aber Zweierlei einzuwenden. Erstens ist die Zal (4) der betreffenden Versuche viel zu gering, um die wirkliche Gleichheit der Anziehungskraft des Schwarz und Ultrarot zu beweisen und zweitens kann auch, wenn das attractive Moment genau dasselbe wäre, noch immer das Empfinden jener zwei Lichtzustände ein verschiedenes sein; denn es ist ja eine bekannte Tatsache, dass die Reactions-Schwelle oft sehr weit von der Empfindungs-, oder von der Unterscheidungs-Schwelle entfernt ist.

Der einzige bestimmte Aufschluss über den Farbensinn der Daphniden, den wir aus der Arbeit L. erhalten, ist, wie ich schon früher andeutete, der bezüglich ihres Verhaltens gegenüber dem Schwarz und Ultraviolet. Da nämlich die betreffenden Aufenthaltsräume uns gleich dunkel erscheinen, und gleichwol der Ultraviolet-Raum (vgl. Versuch 6 p. 7) ganz constant vielmal stärker als der schwarze Raum besucht wird, so unterliegt es keinem Zweifel, dass das Ultraviolet auf die Daphniden anders als eigentliches Schwarz, resp. als auf uns wirkt.

Eine andere Frage ist aber die, ob denn wirklich, wie Lubbock ohne weiters annehmen zu dürfen glaubt, den Daphniden das Ultraviolet in weiterer Ausdehnung als uns als ein wirklich Sichtbares, als ein wahrhaft optisches Phänomen erscheint.

3. J. Lubbock's Versuche an den Ameisen.[1]

Diese in zwei separaten Arbeiten niedergelegten Untersuchungen sind sowol mit Rücksicht auf ihre Methode als auf ihre Ergebnisse unstreitig als die erste Grundlage zu einer exacten Erforschung des tierischen Farbensinnes anzusehen.

---

[1]) Observations on ants, bees and wasps. Part. V. ants (Linnean Society's Journal-Zoology Vol. XIV.)

a) Experiments showing how Ants are affected by different coloured Lights and Media (p. 278—290).

b) Ebenda Vol. XV. Experiments with Light of different Wawe-lenghts (p. 362—377).

Vgl. auch das zusammenfassende Werk desselben Autors: Ants, Bees and Wasps. A record of observations of the Social Hymenoptera London 1882, XIX 448 p. 8°. Internationale wissensch. Bibliothek. (Bd. 57.

es eigentlich in diesem gemischten Blau ist, das die Ameisen zur Flucht treibt, vor allem, ob das sichtbare oder das unsichtbare kurzwellige Licht.

Die nächsten Beobachtungen beziehen sich auf die Puppen von Formica fusca.

Ich fasse sie in folgender Weise zusammen.

		Rot h_4	hell Gelb h_1	dunkel Gelb h_2	hell Grün h_3	dunkel Grün h_5?	Blau h_6	Purpur h_6
2) Puppen von Formica fusca	Diffuses Tageslicht (15 Beob.)	175	50	175	50	325	0	0
	Sonnenlicht [1] (13 Beob.)	375	0	275	0	0	0	0
		550	50	450	50	325	0	0

Diese Versuche bestätigen zunächst die früheren bezüglich der hochgradigen Antipathie gegen das kurzwellige (blaue) Licht. Aus dem Umstande, dass das Hell-Gelb und Hell-Grün viel weniger als das Dunkel-Gelb und Dunkel-Grün besucht (resp. mit Puppen belegt) wurde, darf man ferner schliessen, dass sich die Vorliebe der Ameisen für das relativ Dunkle nicht nur auf das weisse oder gemischte, sondern auch auf das farbige Licht, wenigstens auf das gelbe und grüne, erstreckt.

Besonders interessant erscheint mir aber (L. erwähnt hierüber gar nichts) die Frequenz des Purpur, und zwar mit Rücksicht auf die von Lubbock bei einer späteren Gelegenheit aufgeworfene Frage, ob die auffallende Bevorzugung des langwelligen (roten, gelben etc.) Lichtes gegenüber dem kurzwelligen (blauen, violetten, resp. ultra-violetten) daher rühre, dass die erstgenannten Lichtarten lusterzeugend oder daher, dass die letztgenannten unlusterzeugend wirken. Ich glaube nun, dass diese Frage schon, zum Teil wenigstens, durch das Verhalten gegenüber dem Purpurlicht entschieden wird. Würden nämlich, so schliesse ich, die Ameisen wirklich, um mich kurz auszudrücken, mehr rotliebend als violetscheu sein, so wäre zu erwarten, dass sie das Purpurlicht, das bekanntlich ausser Violet-Ultrav. noch sehr viel Rot und Gelb enthält, [2]) weit weniger meiden würden, wie das reine Violet-

[1]) Der thermische Einfluss wurde durch Einschaltung einer Alaunlösung eliminiert.

[2]) Dass das betreffende Glas wirklich die angegebene Beschaffenheit hatte, darf man aus der in der ersten Arbeit pag. 286 gegebenen Analyse schliessen, wo es heisst: „The purple glass transmitted a little violet, a little jellow, orange and red.“ Völlig unverständlich ist mir dem gegenüber die Bemerkung in der zweiten Arbeit (p. 364): „The purple glass cutt off the high (blaue) end down to wave-length 0·528 μ.“

Ultrav. Da dieses aber hier sowol wie bei den folgenden Versuchen constant ebenso auffallend (d. i. gänzlich) geflohen wird wie das Violet-Ultrav., so scheint es mir fast zweifellos, dass die Ameisen weniger rotliebend, als violet-ultravioletscheu sind.

Aehnliche Resultate wie für die Puppen von F. fusca erhielt L. für die Puppen von Lasius niger und Crematogaster scutellaris. Bei den letzteren und den folgenden Versuchen wurde statt des Rot-Glases eine Lösung von Fuchsin oder Karmin, statt des Gelb-Glases Kalibichromat und statt des Grün-Glases Kupferchlorid angewendet, doch lässt sich nicht behaupten, dass dadurch (da nähere Helligkeitsbestimmungen fehlen) für die bessere Erkenntnis des Farbensinnes irgend Etwas gewonnen worden wäre.

Ich notiere zunächst noch folgende Versuche:

		Rot	Gelb	Grün	Blau (m. Ultrav.)	Purpur
		h_3?	h_1	h_2	h_4	h_5
3)	Puppen von Crematogaster scutellaris (13 Beob.)	0	325	325	0	0
4)	Puppen von Formica fusca (11 Beob.)	0	210	20	0	0

War hier, wie es wirklich der Fall gewesen zu sein scheint, das Rot merklich dunkler (resp. ebenso dunkel) als das Gelb und Grün, so dürfte man wol schliessen, dass dasselbe, da es (ähnlich wie Blau und Purpur) gänzlich gemieden wurde, den Ameisen weniger angenehm als das Gelb und Grün ist; es werden aber namentlich in der zweiten Arbeit Versuche mitgeteilt, bei welchen das gerade Gegenteil beobachtet wurde.

Analog verhält es sich mit den nächsten Experimenten über die Wal zwischen Rot und Gelb einer- und Schwarz anderseits.

		Rot (Glas)	Schwarz	opake (Porcellanplatte)
5)	Puppen von F. fusca (20 Beob.)	90	88	
		Gelb (Glas)	Schwarz	opake (Porcellanplatte)
6)	Puppen von F. fusca (20 Beob.)	98	92	

Ist es, wird man fragen, angesichts dieser Zalen, nicht so viel als ausgemacht, dass den Ameisen Gelb und Rot, namentlich bei relativ geringer Intensität, ebenso angenehm wie Schwarz ist? Und doch wird es sich zeigen, dass unter Umständen das Schwarz regelmässig den genannten farbigen Lichtern vorge[illegible]n wird.

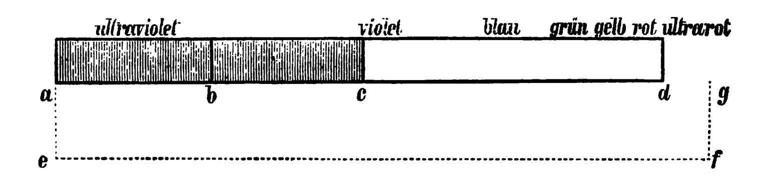
Ich komme nun auf die zwe

Während sich aus der ersten hauptsächlich ergeben hatte, dass die Ameisen eine höchst auffallende Antipathie gegen das kurzwellige Licht überhaupt haben, stellt sich hier L. vor Allem die Aufgabe zu untersuchen, wie denn einerseits das ultraviolette und andererseits das (sichtbare) blaue Licht als solches wirke.

Da wir bisher bekanntlich kein einziges Medium kennen, das nur ultraviolettes Licht durchlässt, so ist man bei der betreffenden Untersuchung von selbst auf das objective Spectrum angewiesen und mit Hilfe desselben machte auch L. seine Hauptversuche.

Aus gewissen Gründen operierte er aber anfangs nicht mit einem einfachen, sondern mit einem doppelten Spectrum. Da indessen bei seinen ersten Versuchen mit dem Doppel-Spectrum nur ein Teil der ultravioletten Zone zur Wirkung kam, so übergehe ich dieselben und beschränke mich auf die Darstellung der offenbar viel zweckentsprechenderen späteren Experimente. Bekanntlich hat die ultraviolette (dunkle) Zone des Spectrums eine Breite, die ungefär jener des uns sichtbaren Streifens entspricht.[1]) Darauf gründet sich nun das ganze Arrangement der in Rede stehenden Hauptversuche,[2]) wie sie speciell unter Exp. 9, 10 und 11 mitgeteilt werden. Zur besseren Erläuterung diene nachstehende Figur 1.

Fig. 1.



[1]) Bei Anwendung eines Bergkrystall- oder Kalkspatprismas ist, wie man auf einem mit einer geeigneten fluorescierenden Substanz, z. B. Bariumplatincyanür bestrichenen Schirm leicht nachweisen kann, die ultraviolette Zone bekanntlich sogar länger als der sichtbare Teil. (Die bisher nachgewiesene äusserste Ultravioletlinie T hat Licht von 29 Hunderttausendstel Millim. W. L.) Da L. aber ein Prisma aus Glas anwendete, das einen grossen Teil des Ultraviolet absorbiert, so dürfte in unserm Falle der betreffende dunkle Spectrumbezirk sehr erheblich kürzer gewesen sein.

[2]) Ich stütze mich bei dieser Darlegung insbesondere auf die Angabe L.'s unter Exp. 11 (pag. 367), wo es heisst: „The pupae being placed all along on side of the nest, from the edge of the red to a distance beyond the violet as great as the whole lenght of the (visible) spectrum."

Hierin bedeutet a c den dunkeln oder ultravioletten, c d den uns sichtbaren farbigen Streifen des projicierten Spectrums. a e f g sei dann das Nest, welches so aufgestellt zu denken ist, dass die linke Seitenwand genau mit der äussersten Grenze des Ultraviolet zusammenfällt, während die rechte Seitenwand (g f) etwas über das Rot-Ende des sichtbaren Spectrums, also ins Ultrarot hinaus, zu stehen kommt.

Was nun die betreffenden Versuche selbst anlangt, so bestanden dieselben, wenn wir, unserer Intention entsprechend, nur das Wesentlichste hervorheben, darin, dass die Puppen (es waren solche von Lasius niger) über den ganzen vom Ultraviolet getroffenen Raum [1]) des Nestes (also von a bis c) zerstreut und dann in Bezug auf ihre spätere Lage resp. auf ihre Transportierung beobachtet wurden. In letzterer Hinsicht zeigte sich nun im Allgemeinen folgendes: Zunächst wurden die Puppen, meist alle ohne Ausname, aus dem Ultraviolet weggetragen und zwar in der Regel zu allererst jene im proximalen Teil der genannten Zone (b c), während die im entfernter gelegenen Abschnitt (a b) später und die am äussersten distalen Ende (bei a) befindlichen mitunter auch gar nicht entfernt wurden. Die Deponierung der Puppen erfolgte anfänglich längs des ganzen sichtbaren Spectrums namentlich aber im Gelb und Rot; viele wurden aber auch unmittelbar in den dunkeln Raum im Ultrarot getragen. Letzteres war überhaupt der definitive Ablagerungsplatz der Puppen, indem nach und nach — es vergiengen darüber allerdings mitunter ein paar Stunden — die früher bei der Flucht aus dem Ultraviolet provisorisch im Bezirk des sichtbaren Spectrums deponierten Puppen alle oder doch fast alle gleichfalls in das Dunkel getragen wurden.

Bemerkt sei zunächst noch, dass das Ultrarot nicht etwa als solches von den Ameisen als der beste Schutzort für die Puppen angesehen wird, sondern eben nur seiner Dunkelheit wegen; denn das Resultat war dasselbe, wenn die ultraroten Stralen durch Auflegen eines undurchsichtigen Gegenstandes abgeblendet wurden.

Fragen wir uns nun, was sich aus den besprochenen Experimenten ergibt, so kann es zunächst, glaube ich, in Bezug auf das

---

[1]) Eine detaillierte Wiedergabe der einzelnen Experimente erscheint mir schon deshalb unnütz, weil aus Lubbock's Darstellung nirgends klar hervorgeht, wie breit denn eigentlich das von ihm als Ultraviolet-Mass angewendete „Thallin band", d. i. ein gewisser Streifen des proximalen Ultraviolet im Verhältnis zum sichtbaren Spectrum war.

Ultraviolet wol absolut keinem Zweifel unterliegen, [1]) dass dasselbe den Ameisen unter allen spectralen Lichtern weitaus am unangenehmsten ist, und wenn L. gleichwol sagt (p. 369) (man weiss allerdings nicht genau, ob in Bezug auf diese oder auf die nächstfolgenden Magnesium - Natriumlichtversuche): „Those experiments seemed strongly to indicate, if not to prove," so ist diese Ausdrucksweise unter den besagten Umständen doch eine allzu reservierte.

Nach meiner Auffassung müsste aber aus den in Rede stehenden Versuchen noch mehr geschlossen werden, nämlich erstens, dass das sichtbare Violet, ferner das Blau (i. e. S.) und zum Teil auch das Grün dem Rot und Gelb vorgezogen wird und zweitens, dass alle diese Farben mit Einschluss des Rot und Gelb den Ameisen weniger sympathisch als das Schwarz sind.

Ich weise diesfalls nur auf einige specielle Daten hin.

Fast bei allen Experimenten ist davon die Rede, dass die Puppen nach der Säuberung des Ultraviolet zunächst aus dem Blau entfernt werden. So heisst es z. B. sub Exp. 2 p. 365: „They were all at the commencement at the blue end of the (nearer) spectrum . . . pupae were ranged from the end of the green (welches Ende, ob das gegen Blau oder Gelb, ist leider nicht gesagt!) to that of the red inclusive." Dann wieder sub Exp. 5 (p. 365): „The pupae in the red were not moved. The others were carried beyond the thalline band (Ultraviolet) into the yellow or red. Ferner sub Exp. 6: „They were all carried away . . . and put down in the dark portion, or in the red and yellow." Weiters sub Exp. 9 pag. 366: „When all had been removed from the ultra-violet, they directed their attention to those in the violet, some being carried, as before, into the dark. some into the red and yellow." Endlich sub Exp. 10 pag. 367: „In half an hour they had all been moved aut of the violet and ultraviolet, abaut half being in the dark, and half having been provisionally placed in the red and yellow." Man beachte insbesondere noch, dass hier nirgends davon die Rede ist, dass die Puppen, wenn auch nur provisorisch, ins Blau oder Grün getragen wurden.

---

[1]) Ein ernstliches Bedenken könnte nur insoferne obwalten, als nirgends ausdrücklich erwähnt wird, dass der Einfluss der stralenden Wärme eliminiert worden wäre, der, da das Spectrum von einem intensiven mit einer Siemens'schen Maschine erzeugten elektrischen Licht entworfen wurde, doch ziemlich gross sein dürfte.

Gegen meine Anschauung, dass sich in dem angegebenen Verhalten der Ameisen eine entschiedene Vorliebe für das Rot und Gelb gegenüber dem Violet, Blau und Grün ausspreche, könnte nur eingewendet werden, dass schliesslich doch alle oder fast alle Puppen in das Dunkel transportiert werden, und dass die anfängliche Bevorzugung des Gelb und Rot nur daher rühre, dass die betreffenden Stellen dem Schwarz näher als Violet oder Blau liegen.

Auf alle Fälle wird man aber Eins zugeben, dass es nämlich von Seite Lubbock's ein kaum zu entschuldigendes Versäumnis ist, dass er u. A. nicht auch ein solches Arrangement traf, dass die Ameisen keine andere Wal als zwischen dem sichtbaren Violet-Blau und dem Grün-Gelb-Rot gehabt hätten.

Um nun auf die übrigen Experimente zu kommen, so sei gleich bemerkt, dass eben mit diesen der Zweck verbunden war, die angedeuteten durch die früheren Versuche nicht völlig entschiedenen Fragepunkte endgiltig ins Klare zu bringen; die Besprechung derselben wird indess zeigen, dass dieser Zweck nicht erreicht wurde.

Zunächst liess L. den Ameisen [1]) (F. fusca) die Wal zwischen blauem Licht mit und ohne Ultraviolet, indem er das hiezu verwendete blaue Glas der einen Seite mit einer Schwefelkohlenstoffschichte bedeckte.

Die Tiere suchten, wie zu erwarten war, stets das ultravioletlose Blau auf.

Das Resultat blieb auch noch dasselbe nach Entfernung der blauen Gläser, d. h. die Ameisen ziehen auch das ultravioletlose Weiss dem gewöhnlichen ultraviolethältigen Weiss vor, ein neuer Beweis, dass ihnen das Ultraviolet unter allen Umständen, d. h. sowol für sich als in Verbindung mit anderen Lichtgattungen, zuwider ist.

Weiters verglich er dann die Wirkung zwischen dem relativ unreinen Blau des Kobaltglases und dem verhältnismässig homogenen Blau des Kupferoxydammoniak.

Die Tiere waren stets (d. h. dreimal) unter der blauen Flüssigkeit.

Wie man aus dem ganzen Zusammenhang entnehmen muss, glaubt L. damit abermals bewiesen zu haben, dass ein relativ ultravioletarmes Blau, wie es das der Kupferoxyd-Ammoniak-Flüssigkeit ist, einem verhältnismässig violetreichen Blau vorgezogen wird. Meines Erachtens beweist aber der Versuch in dieser Hinsicht gar

---

[1]) Da L. bei den folgenden Versuchen nie von Puppen spricht, muss man annehmen, dass es sich dabei um die Reactionen der Imagines hand

Nichts, solange wir nicht wissen, ob beide Medien dieselbe Helligkeit haben, resp. ob das vorgezogene Medium das hellere ist. [1])

In den nächsten Versuchen vergleicht L. das ultravioletlose Weiss (S_2 C) mit dem Rot (Karmin), Gelb (Saffran) und Grün (Kupferchlorid), wobei jedesmal das farbige Licht vorgezogen wurde. Daraus folgt aber nicht, dass überhaupt ultravioletloses Weiss als solches den Ameisen unangenehmer ist als ein farbiges langwelliges Licht (ohne Ultraviolet); denn man darf nicht vergessen, dass das angewendete Rot, Gelb und Grün bedeutend dunkler als der fast rein weisse S_2 C ist.

Die folgenden Versuche haben nach Lubbock's eigener Angabe den Zweck, zu entscheiden, ob die Ameisen das blaue Glas wegen der sichtbaren blauen (resp. violetten) oder mehr wegen der ultravioletten Stralen meiden.

In Wirklichkeit ist aber bekanntlich diese Frage schon durch die früheren Versuche gelöst und dienen nachstehende Experimente, wie man sehen wird, vielmehr dazu zu untersuchen, ob die Ameisen zwischen den verschiedenfarbigen sichtbaren (aber ultravioletfreien) Lichtern, also z. B. zwischen reinem Blau und Grün oder zwischen demselben Blau und Gelb oder Rot einen Unterschied machen.

Dass dem so ist, zeigt das ganze Arrangement der Versuche. Es wird nämlich einerseits blaues Glas mit S_2 C (also ultravioletloses Blau) und andererseits ein rotes, gelbes oder grünes Medium (das kein Ultraviolet durchlässt) angewendet.

Die Ergebnisse in übersichtlicher Anordnung sind:

Ultravioletloses Blau (i. w. S.) im Vergleich mit

1) Gelb (doppelt chroms. Kali): Tiere zur Hälfte im Blau, zur Hälfte im Gelb.
2) „ (helles Glas) . . . . . die Mehrzal im Blau.
3) „ (dunkles Glas) . . . . ungefär die Hälfte im Blau, die Hälfte im Gelb.
4) Rot (Karminlösung) . . . . meist im Rot.
5) „ (dunkles Glas) . . . . teils im Rot, teils im Blau.
6) Grün (Kupferchlorid) . . . meist im Blau.
7) „ (Nickelsulphat $N_1 SO_4$) meist im Blau.
8) „ (Glas) . . . . meist im Blau.

Im Gegensatz also zu den Ergebnissen der Experimente mit dem Spectrum, bei welchen die Puppen aus dem Blau meist in das Rot und Gelb geschleppt wurden, hat es hier den Anschein, als ob den Ameisen sogar das Blau lieber als irgend eine mehr rotwärts gelegene Farbe wäre.

[1]) An einer Stelle der ersten Arbeit, wo ein ähnliches Experiment mitgeteilt wird, sagt er ausdrücklich (p. 287): „The glass, howewer, was more transparent than the solution."

Ich sage aber ausdrücklich es „scheint“ so, weil sich aus den letzten Versuchen gar nichts Sicheres folgern lässt und zwar einfach wieder aus dem Grunde, weil möglicherweise die öftere Bevorzugung des Blau contra Rot, Gelb etc. von der relativ geringen Intensität des ersteren herrührt. [1])

Als ganz verfehlt muss ich die Methode bezeichnen, die L. zur Entscheidung derselben Frage in den nächsten Versuchen befolgte.

Wenn er nämlich statt der früheren Combination: blaues Glas sammt Schwefelkohlenstoff nunmehr die andere: blaues Glas sammt Kupferoxydammoniak wälte und letztere der Reihe nach mit denselben roten, gelben und grünen Lichtern verglich, so scheint er nicht darauf geachtet zu haben, dass dieses neue Blau viel weniger ultravioletlos wie das frühere ist.

Das betreffende Ergebnis, dass nämlich unter diesen Umständen fast durchaus das Blau gemieden wurde, darf also ebensowenig als Stütze für die Annahme einer Zurücksetzung des Blau gegenüber den anderen Farben betrachtet werden, als das frühere Resultat nicht als Beweis für die Gegenannahme dienen kann.

Dass die Bevorzugung der Schwefelkohlenstoff-Blaucomposition gegenüber der anderen nicht etwa, wie L. (p. 375) meint, auf gewisse „property inherent in the bisulphide of carbon“ zurückzuführen ist, sondern dass es sich hiebei nur um die stärkere Absorption des Ultraviolet handelt, bedarf wol keiner weiteren Begründung.

Geben wir uns am Schlusse noch einmal Rechenschaft darüber, was sich denn eigentlich aus allen den zahlreichen und sorgfältigen Experimenten Lubbock's bezüglich des Farbensinnes der Ameisen mit Sicherheit folgern lässt, so reduciert sich dasselbe ganz so wie bei den Daphniden lediglich auf die Tatsache, dass diese Tiere durch das Ultraviolet weit stärker als wir selbst afficiert werden, bez. dass die optische Wirksamkeit des Spectrums am kurzwelligen Ende bei den genannten Tieren sich weiter als bei uns erstreckt. [2])

Dagegen bleibt es ungewiss, ob zwischen den verschiedenwelligen Lichtern des sichtbaren Spectrums ein Unterschied gemacht wird, wenn auch manche Anzeichen dafür sprechen, dass wenigstens die am

---

[1]) Ich brauche nur daran zu erinnern, dass im Allgemeinen ein blaues Glas, das überhaupt einigermassen blau genannt werden kann, viel dunkler als ein gelbes oder rotes Glas ist.

[2]) Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass es sich nicht etwa um eine photodermatische Wirkung handelt.

weitesten aus einander liegenden Stralen, nämlich Rot-Gelb einer- und Blau andererseits differente Wirkungen hervorbringen.

Aus der Tatsache, dass das Ultraviolet auf die Ameisen gerade entgegengesetzt wie Schwarz, nämlich ähnlich wie Weiss wirkt, gründet dann Lubbock schliesslich seine Anschauung, dass den Ameisen dieses Licht mit dem Attribut einer besonderen Farbe erscheint und dass sie dementsprechend auch das Weiss in einer anderen Qualität als wir empfinden.

4. Bonnier's und Lubbock's Versuche an den Bienen.

Die Vergleichung der Arbeiten der genannten Forscher lehrt uns vor allem, dass das Resultat derartiger Untersuchungen je nach der angewendeten Methode ein sehr verschiedenes sein kann und dann weiters, dass in dieser Hinsicht negative Ergebnisse nur mit grosser Vorsicht aufzunehmen sind.

Während nämlich Bonnier [1]) bei seinen Versuchen keinerlei Unterschied in der attractiven Wirkung der verschiedenen Farben zu konstatieren vermochte (er gibt aber a priori zu, dass die Bienen Farben zu unterscheiden befähigt sind), ergeben Lubbock's [2]) Experimente sehr auffallende reactive Differenzen, von denen es z. T. freilich, wie ich gleich zum voraus bemerken muss, und wie ich übrigens auch schon gelegentlich eines früheren Referates hervorhob, ungewiss bleibt, ob sie durch die Qualität oder durch die Intensität der betreffenden farbigen Lichter bedingt sind.

Ich muss zunächst noch darauf aufmerksam machen, dass bei beiden in Rede stehenden Untersuchungen das ganze Princip der angewendeten Methode ein anderes als bei den früheren Versuchen, mit den Ameisen und Daphniden ist. Während nämlich dort untersucht wurde, wie sich die Tiere verhalten, wenn ihr Aufenthaltsort ausschliesslich nur mit einem bestimmten farbigen Licht beleuchtet wird, wenn also ihr Gesichtskreis in seiner Totalität rot, blau etc. ist, handelt es sich hier darum zu erforschen, welche Wirkung die ver-

---

[1]) Les Nectaires, etude critique, anatomique et physiologique (Extrait des Annales des Scienc. natur. Botanique 6me serie Tome VIII. Paris 1879 G. Masson.)

[2]) Observations etc. (wie oben). Vol. XVI. 1881. Colors of Flowers as an Attraction to Bees: Experiments and Considerations thereon.

Vgl. hiezu die oben citierte deutsche Übersetzung in der internat. wissensch. Bibliothek Bd. 57, pag. 246—263.

schiedenen Farben haben, wenn sie den Tieren nur an einem Teil ihrer Umgebung und unter dem gleichzeitigen Einfluss des weissen oder Tageslichtes entgegentreten.

Um nun auf die Versuche selbst zu kommen, so bestanden sie darin, dass man den Bienen auf verschiedenfarbigen aber sonst möglichst gleichen Unterlagen ihre Lieblingsnahrung, also Honig vorsetzte und beobachtete, ob sie bei der Wal der einzelnen Gedecke durch die Farbe beeinflusst werden.

Bezüglich des weiteren Verfahrens weichen nun aber Bonnier und Lubbock sehr erheblich von einander ab.

Bonnier nahm vier ziemlich grosse Würfel (eigentlich, wie es scheint, quadratische Prismen von 22 cent. Höhe und 12 cent. Breite [1]) in den Farben Weiss, Gelb, Grün und Rot und stellte sie 6 Fuss von einander, in einer Entfernung von 60 Fuss von einem Bienenstock auf.

Das Ergebnis war, dass nach wenigen Minuten alle Honigbehälter ziemlich gleich stark umschwärmt waren, dass sonach die Farbe derselben keinen bestimmenden Einfluss ausübte.

Dem gegenüber zeigt nun Lubbock, dass die Experimente von Bonnier durchaus nicht beweiskräftig sind, indem, abgesehen von der fixen Aufstellung seiner grossen prismatischen Honigträger und der völligen Weglassung einer blauen Unterlage, gleichzeitig so viele Bienen die betreffenden Behälter umschwärmten, dass hier die Wirkung der verschiedenen Farben unmöglich zur entsprechenden Geltung kommen konnte.

Dagegen zeichnen sich Lubbock's eigene Versuche, wenn man von der fehlenden Helligkeitsbestimmung und einigen anderen Mängeln absieht, durch grosse Findigkeit des Entwurfs und Sorgfalt der Durchführung aus. [2])

Als Honigträger bediente er sich 7 kleiner Glasstreifen, wie wir sie als Objectträger benutzen. Davon wurde einer mit blauem, ein 2. mit grünem, ein 3. mit orange-farbenem, ein 4. mit gelbem, ein 5. mit rotem und ein 6. mit weissem Papier überklebt, während der 7.

---

[1]) Das franz. Original ist mir nicht zugänglich. Lubbock spricht von „cubes (about 9 inch by $3^1/_2$)", Herm. Müller (Kosmos Bd. VII. 1880 p. 227) von einem „Viereck."

[2]) Lubbock hat schon früher (1875) ähnliche Versuche (auch bezüglich der Wespen) gemacht; siehe Journal of the Linnean-Society Vol. XII. pag. 232. Darnach scheint es, dass diese Insecten u. A. einen grünfarbigen Honigträger beharrlich einem gelben vorziehen und ferner, dass sich dieselben in geringerem Grade als die Bienen von der Farbe leiten lassen. (Vgl. auch internat. wissensch. Bibliothek Bd. 57, pag. 268—272.)

ganz leer gelassen wurde. Diese (verschiedenfarbigen) Gläser legte er in gleichen Abständen (von 1') nebeneinander auf einen Rasenboden, wobei, wie man beachten wolle, die Ansicht des nicht überklebten Glases genau mit jener der Umgebung übereinstimmte (während Bonnier zu dem Zweck einen mit grünem Papier überzogenen und daher von der Pflanzendecke stark abstechenden Würfel benutzt hatte). Im Folgenden wird das leere Glas mit „Gras" bezeichnet werden. Jedes der 7 bezeichneten Gläser bedeckte er dann mit einem zweiten gleichen, aber nicht beklebten (also ganz durschsichtigen) Glas, auf das als Lockmittel für die Bienen ein Tropfen Honig gegeben wurde. Dieses ebenso einfache als sinnreiche Arrangement ermöglichte es, die über den verschiedenfarbigen Unterlagen befindlichen Honiggläser untereinander zu vertauschen und dadurch den allfälligen Einfluss, den die relative Lage, Form und Grösse des Honigtropfens auf die Bienen ausüben kann, zu eliminieren. Ausserdem wurde auch von Zeit zu Zeit die Position der gefärbten Unterlagen gewechselt.

Lubbock's Verfahren unterschied sich dann vom Bonnier'schen hauptsächlich noch dadurch, dass gleichzeitig nicht mit vielen Bienen, sondern nur mit einer experimentiert wurde, und zwar in der Weise, dass, wenn die betreffende Biene an einem Honigbehälter einige Minuten genascht hatte, das obere (eigentliche) Honigglas von der Unterlage weggenommen und sie dadurch gezwungen wurde, alle die verschiedenfarbigen Honiglager (aber jedes nur einmal) aufzusuchen. Die Reihenfolge, in der diese Visiten bei Blau, Grün, Gelb u. s. w. stattfanden, wurde dann durch die fortlaufenden Zahlen 1, 2, 3, u. s. w. bis incl. 7 ausgedrückt; diese Zalen stehen offenbar im umgekehrten Verhältnis zur Anziehungskraft der betreffenden Farben, indem vorausgesetzt wird, dass die Bienen (im allgemeinen!) zuerst jene Honigträger aufsuchen, deren Färbung ihnen am meisten zusagt, während sie sich den Besuch der ihnen minder zusagend gedeckten Tische auf zuletzt aufsparen.

Die Verhältnisse der ersten zwei Gänge waren nun folgende:

	Gras	Blau	Grün	Gelb	Orange	Rot	Weiss
1. Gang	6	1	3	5	4	7	2
2. „	7	5	4	3	6	1	2

Beim ersten Gang wurde demnach zuerst das Blau (1), dann das Weiss (2), hierauf das Grün (3) u. s. w. und zuletzt das Rot (7) aufgesucht. Das Ergebnis des 2. Ganges ist dagegen, wie man sieht, ein ganz anderes, indem hier das Blau erst an 5. Stelle an die Reihe kam und diesmal der erste Besuch dem Rot galt. — Daraus folgt aber selbstverständlich noch nicht, dass die Färbung der Honiglager

den Bienen ganz gleichgiltig ist, denn aus zwei derartigen Versuchen kann offenbar gar kein sicherer Schluss gezogen werden. In der Tat zeigt sich aber eine entschiedene Constanz in der Reihenfolge der Besuche bei den verschiedenfarbigen Gläsern, wenn man die betreffenden Zalen einer grösseren Reihe (etwa von 10) Gängen in den einzelnen Vertikalkolumnen zusammenzählt.

Lubbock notierte die Ergebnisse von nicht weniger als 100 solchen Gängen und die Summen der betreffenden Zahlen sind nachfolgende:

	Gras	Blau	Grün	Gelb	Orange	Rot	Weiss
1)	491	275	427	405	440	413	349

Beachtet man nun, dass die Zal des Blau (275) um 125 kleiner ist als das Mittel $[(1 + 2 + 3 \ldots + 7) \times 100 : 7 = 400)]$ und ca. um 200 kleiner als die Zalen der meisten übrigen Farben (das Weiss ausgenommen), so kann es wol nicht zweifelhaft sein, dass die genannte Farbe in der Tat den übrigen Lichtqualitäten vorgezogen wird. Eine andere Frage ist nun aber offenbar die, ob denn wirklich, wie Lubbock ohne weiteres annehmen zu dürfen glaubt, das blaue Licht überhaupt den Bienen angenehmer als das weisse, gelbe, rote etc. ist.

Dass dies durch Lubbock's Versuche nicht bewiesen wird und dass sonach auch seine weiteren Schlussfolgerungen bezüglich des biologischen Wertes der Blumenfärbung jeder sicheren Basis entbehren, brauche ich nach dem Früheren wol nicht umständlich auseinanderzusetzen; es genügt, von Neuem daran zu erinnern, dass ja möglicherweise die obigen Resultate nicht durch die Qualität, sondern durch die relative Helligkeit der betreffenden Farben bedingt sind.[1])

[1]) In einem mir kürzlich zugekommenen Artikel von Hermann Müller: „Nachträgliche Beurteilung der von Sir John Lubbock angewandten Methode, die Farbenliebhaberei der Honigbienen zu bestimmen" (Kosmos von E. Krause 9. Bd. pag. 426 bis 429) wird auf Grund eigener Untersuchungen das Lubbock'sche Verfahren einer näheren Kritik unterworfen.

Da indess die wesentlichsten Einwürfe H. Müllers dieselben sind, die ich im methodischen Teil meiner Arbeit gegen die Anwendung der mehrfarbigen oder partiellen Belichtung vorbringe, so glaub' ich hier von einer weiteren Besprechung derselben Umgang nehmen zu können, und möchte nur noch hervorheben, dass der Haupteinwurf, der gegen das Lubbock'sche Verfahren erhoben werden muss, nämlich die völlige Ausserachtlassung der Helligkeitsverhältnisse der Vergleichsfarben von Müller nicht einmal andeutungsweise erwähnt wird.

5. Mereschkowsky's Versuche an niederen Crustaceen. [1]

(Larven von Balanus und Dias longiremis.)

Diese Arbeit, die ich leider erst nach Abschluss meiner eigenen und noch dazu nur in einem allerdings sehr gut geschriebenen Referate kennen lernte, zeichnet sich vor allen übrigen dadurch aus, dass hier zum erstenmale ausser dem Farbenton auch die Helligkeit entsprechende Würdigung findet. In ähnlicher Weise, wie ich das bei den Daphniden tat, stellt sich nämlich M. die Frage, ob denn die verschiedenen Farben wirklich als solche, oder nur als verschiedene Abstufungen von Hell und Dunkel unterschieden werden.

Dieser Fragestellung entspricht nun auch die ganze Methode der Beobachtung, die, wie ich später zeigen werde, im Wesentlichen mit der von mir angewendeten übereinstimmt.

Die Hauptversuche und Ergebnisse waren im Kürze folgende:

1. Einerseits weisses, andererseits farbiges Licht.

Das weisse Licht wird stets bevorzugt und zwar so, dass sich alle Tiere im weissen Licht ansammeln, wenn das farbige Licht relativ dunkel, dagegen nur zur grösseren Hälfte, wenn letzteres verhältnismässig hell ist.

2. Einerseits helles, andererseits dunkles farbiges Licht.

Es wird stets die hellere Farbe vorgezogen, sei diese nun vom gleichen Ton wie die dunklere oder von anderer Wellenlänge.

3. Zwei verschiedene Farben aber von möglichst übereinstimmender Helligkeit.

„Die Tiere teilen sich in zwei fast genau gleiche Haufen, einerlei ob man z. B. Hellrot mit Gelb, Grün oder Blau von gleicher Helligkeit, oder diese letzteren wieder untereinander vergleicht; sobald aber ein auch nur ganz geringer Unterschied in der Helligkeit eintritt, spiegelt sich dies in der ungleichen Verteilung der Tiere wieder."

Aus all' dem würde sich nun, wie man sieht, ergeben, dass diese Tiere keine ausgesprochene Vorliebe für irgend eine Farbe als solche besitzen, wobei nur noch die Prüfung gegenüber dem Ultraviolet (resp. dem Ultrarot) ausständig ist.

---

[1] „Les Crustacées inférieurs distinguent-ils les couleurs?" (Compt. rend. Ac. Scienc. Paris. T. 93 No. 26 p. 1160—1161.) Das erwähnte Referat findet sich unter dem Titel „Der Farbensinn bei niederen Crustaceen" im Kosmos von B. Vetter 1882 pag. 67—68.

Indem ich es vorläufig unentschieden lassen muss, ob sich nicht unter günstigeren Versuchsbedingungen (grössere Zal von Tieren, Anwendung intensiverer Beleuchtung, Vergrösserung des farbig beleuchteten Spielraumes etc.) vielleicht doch irgend ein constanter wenn auch kleiner Unterschied nachweisen liesse, sehe ich mich aber auf alle Fälle veranlasst, die viel zu weit gehenden Schlussfolgerungen Mereschkowsky's zurückzuweisen.

Um es kurz zu sagen, ist auch M. in dem weitverbreiteten Irrtum befangen, dass die Grenzen von Farbengeschmack und Farbenunterscheidung genau zusammenfallen.

Während sich nämlich aus seinen Versuchen, wie schon erwähnt, weiter Nichts ergibt, als dass die gewissen Krebse auf verschiedene (gleichhelle) Farben nicht deutlich reagieren, resp. dass sie gegen die Qualität des Lichtes sehr gleichgiltig sind, schliesst der Verfasser, dass sie das Farbige als solches überhaupt gar nicht zu empfinden vermögen.

„Sie unterscheiden sehr gut, heisst es da u. A., selbst ganz schwache Modificationen in der Intensität oder Amplitude der Aetherschwingungen, nicht aber ihre Anzal oder Geschwindigkeit.“

Diese verfehlte Art des Schliessens führt den Verf. dann naturgemäss zur weiteren Consequenz, „dass im Lichtempfindungsvermögen zwischen diesen Krebsen und den höheren Tieren (mit Einschluss der Bienen und Ameisen [und Daphniden muss ich beisetzen]) ein fundamentaler Gegensatz besteht.“

Nun, wenn dem wirklich so wäre, dann müsste man gewissen Vögeln und Säugern, die nicht nur nicht auf Farben, sondern nicht einmal auf grosse Helligkeitscontraste reagieren, überhaupt jede Art Sehvermögen absprechen, und würden dann in dieser Beziehung gewisse chromotactische Urorganismen, wie z. B. die Euglenen eine höhere Stellung einnehmen! [1])

---

[1]) Über einige weitere Beobachtungen wird im speciellen Teil (Fische, Frosch) sowie in dem Capitel „Über den Farbengeschmack der Tiere im freien Naturleben“ berichtet.

II. Abschnitt.

Aufgabe und Methode der eigenen Untersuchungen.

1. Bestimmung der Aufgabe, innere Schwierigkeiten ihrer Lösung.

Die Aufgabe, welche ich mir gestellt habe, ist bekanntlich die, auf experimentellem Wege zu erforschen, ob und inwieweit die Tiere, und zwar zunächst mit Hilfe ihrer Sehwerkzeuge, Helligkeits- und Farbendifferenzen zu unterscheideu im Stande sind.

Was nun die Möglichkeit der Lösung dieser Aufgabe betrifft, so ist leicht einzusehen, dass dieselbe beschränkt, d. i. an gewisse Bedingungen gebunden ist.

Die erste Bedingung ist die, dass die als different angenommenen Empfindungen ungleicher Lichtreize auch von verschiedenen Gefühlen begleitet sind, in dem Sinne nämlich, dass der eine Lichtreiz als ein relativ angenehmer, der andere dagegen als ein relativ unangenehmer Zustand empfunden wird.

Die zweite Bedingung besteht dann darin, dass die durch ungleiche Lichtreize hervorgerufene Afficierung des Gefühles eine so intensive ist, dass sie reactive Bewegungen verursacht, d. h. dass sie dazu führt, dass das Versuchstier einem der Vergleichslichter ausweicht, resp. dem andern zustrebt.

Es wird Angesichts gewisser z. T. schon in den früheren Blättern erwähnter Begriffsverwirrungen gut sein, die eben berührten Verhältnisse noch etwas näher zu erläutern.

Sagen wir, einem bestimmten Tier stehe unter sonst gleichen Bedingungen die Wal frei zwischen einem rot und einem blau belichteten Aufenthaltsort, so haben wir der Reihe nach folgende vier Möglichkeiten ins Auge zu fassen. Die erste ist die, dass das Tier Rot und Blau überhaupt gar nicht als different wahrnimmt. In diesem Fall wird dasselbe im allgemeinen bald in der roten, bald in der

blauen Abteilung sich aufhalten. Die nächste Möglichkeit ist dann die, dass das Tier zwar die genannten Lichter als verschiedene Erscheinungen auffasst, dass ihm dieselben aber vollkommen gleichgiltig sind. Ich muss gleich betonen, dass dieser Fall sicherlich sehr häufig und zwar auch bei sehr differenten Vergleichslichtern sich ereignet, denn wir befinden uns ja selbst oft zwei ungleichen Lichtern gegenüber, ohne dass dieselben in uns irgend eine besondere Lust oder Unlust wachriefen. Das äussere Verhalten der Tiere wird hier selbstverständlich wieder wie im ersten Fall sein. Drittens besteht dann die Möglichkeit, dass dem Tier zwar das eine Licht, sagen wir das Rot angenehmer wie das andere, also das Blau ist, dass der Gefühlsgegensatz aber nicht so gross ist, um das Tier dazu zu bewegen, dem einen Licht auszuweichen, resp. dem andern zuzustreben, und sei sofort beigefügt, dass mit Rücksicht auf unser eigenes Verhalten ohne Zweifel auch dieser Fall häufig vorkommt.

Endlich haben wir noch die Möglichkeit, dass die in Rede stehenden zwei Wallichter nicht allein verschiedene Empfindungen und verschiedene Gefühle verursachen, sondern dass die letzteren auch so stark sind, dass sie das Tier zur Ausführung eines Ortswechsels veranlassen. Aus dem eben Gesagten wird nun, denke ich, hinreichend klar hervorgehen, dass bei den Tieren eigentlich nur das in reactiven Bewegungen sich äussernde Helligkeits- und Farbengefühl Gegenstand einer exacten Erforschung des Lichtsinnes sein kann und ferner, dass man aus dem Nichteintreten solcher Reactionen weder auf den Mangel eines Lichtgefühls und noch weniger auf das Fehlen eines Lichtunterscheidungsvermögens schliessen darf.

Bei der Erforschung der Frage, in wie weit die Tiere mit Hilfe der Sehorgane gewisse quantitative oder qualitative Lichtdifferenzen zu unterscheiden vermögen, hat man es aber, wenigstens in gewissen Fällen, noch mit einer andern Schwierigkeit zu tun.

Wenn nämlich auch bei allen bisherigen Untersuchungen dieser Art und speciell bei jenen Lubbock's von der Voraussetzung ausgegangen wurde, dass die photokinetischen Reactionen der betreffenden Augentiere einzig und allein nur auf wahren Gesichtsempfindungen beruhen, so darf dies doch, wie ich bereits im Vorwort betonte, nicht ganz allgemein angenommen werden, und zwar einfach deshalb nicht, weil meine im II. Teil näher zu besprechenden Fundamentalversuche an geblendeten Tieren (Triton und Blatta) den unwiderleglichen Beweis liefern, dass solche Reactionen auch noch nach Entfernung der Augen

sich zeigen können, dass es also mit einem Wort ausser den photommatischen auch nach dermatische oder sommatische Lichtwirkungen gibt.

Bei den in Rede stehenden Versuchen, bei welchen die photodermatischen Reactionen mit den photommatischen vollkommen gleichsinnig sind und überhaupt im Vergleich zu den letzteren, z. T. nur eine geringe Stärke besitzen, kann nun allerdings das allgemeine Lichtverhalten der Tiere ohne weiteres als Ausdruck der ommatischen Wirkungen angesehen werden; wenn wir aber bedenken, dass es ja sehr wol möglich ist, dass gelegentlich die photodermatische Reaction der photommatischen entgegengesetzt ist, und dass sie auch einen weit höheren Betrag erreicht, so muss man doch zugeben, dass es wünschenswert wäre, beim Studium der Augenwirkungen jene der Haut in geeigneter Weise auszuschalten.

Bei den meisten und insbesondere bei den kleineren Tieren lässt sich dies nun allerdings nur sehr unvollkommen und häufig, man denke etwa an einen Cyclops oder an eine Ameise, überhaupt gar nicht bewerkstelligen; es gibt aber immerhin Geschöpfe, wie z. B. Frösche, Vögel etc., welche sich sehr leicht mit einer undurchsichtigen Hülle (mit Ausschnitten für die Augen und den Mund) versehen liessen. [1])

Wenn ich nun aber dieser Forderung bisher nicht nachgekommen bin, so hat dies, abgesehen vom Mangel an Zeit, vor Allem darin seinen Grund, dass nach meinen bisherigen Erfahrungen bei den meisten Tieren, welche sich zu einer solchen Behandlung überhaupt eignen würden, so insbesondere bei den Säugern, den Vögeln, den Fröschen und beim Gros der Insecten überhaupt keine merklichen photodermatischen Reactionen nachweisbar sind.

Nachdem ich die Schwierigkeiten bezeichnet habe, die der Erforschung des Lichtsinnes der Tiere im allgemeinen im Wege stehen, will ich nun eine kurze Erörterung der einzelnen besonders in Betracht zu ziehenden Fragepunkte geben.

1. Frage. Inwieweit unterscheiden die Tiere verschiedene Helligkeitsabstufungen eines Lichtes und welcher Intensitätsgrad ist ihnen der angenehmste?

Diese Frage lässt sich verhältnismässig am leichtesten und vollständigsten prüfen natürlich unter der auch für die übrigen Fragen

[1]) Diese Hülle dürfte selbstredend kein einfacher die Bewegungen des Tieres hindernder Sack, sondern sie müsste ein dem Leib und dessen Anhängen angepasstes Kleid sein.

geltenden Voraussetzung, dass die betreffenden Tiere überhaupt auf die zur Anwendung kommenden Lichtdifferenzen entsprechend reagieren. Betonen muss ich aber diesfalls vor Allem, dass es für die weiteren Zwecke nicht immer genügend ist, bloss die Helligkeits-Reactionen für die sog. Weiss-Schwarz-Reihe festzustellen; denn wir werden sehen, dass unter Umständen ein bestimmter Helligkeitsunterschied des Weiss anders wirkt als die gleiche Differenz bei irgend einem farbigen Licht.

Ebenso darf man es mit der Ermittlung der sog. Helligkeitsstimmung nicht zu leicht nehmen.

Wenn wir beispielsweise einem Tier die Wal zwischen einem relativ niederen und hohen Intensitätsgrad lassen und dasselbe den letzteren vorzieht, so mag es in vielen Fällen allerdings erlaubt sein daraus den Schluss zu ziehen, dass das betreffende Geschöpf überhaupt phengophil ist, d. h. dass es stets (bei derselben Qualität) das Hellere dem Dunkleren vorzieht, für alle Tiere ist dies aber, wie die Erfahrung lehrt, nicht zutreffend, denn es gibt auch solche, die nicht die Extreme der Helligkeit, resp. der Dunkelheit, sondern ein gewisses mittleres Mass lieben. [1])

Besonders bemerken muss ich noch, dass selbstverständlich die Lichtstimmung nicht nur für das weisse, sondern separat für jedes spectrale Licht eruiert werden muss, denn es ist ja — worauf bisher fast gar nicht geachtet wurde — sehr leicht möglich, dass z. B. einem Tier zwar das Hell am Weiss, aber nicht am Rot oder Gelb etc. angenehm ist, oder dass zum mindesten die maximale Anziehung nicht bei einem und demselben Helligkeitsgrade erfolgt.

Was nun die Berücksichtigung der eben erwähnten Verhältnisse bei meinen Versuchen betrifft, so muss ich leider ganz offen bekennen, dass sich mir erstens die Wichtigkeit derselben erst im Laufe der Untersuchungen aufdrängte und dass ich zweitens in der Verfolgung anderer Fragen diesen Untersuchungen nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt habe.

2. Frage. Inwieweit unterscheiden die Tiere verschiedene Lichtqualitäten oder Farben und welche ist ihnen die angenehmste?

Auch diese Frage ist, soweit es sich um für uns sichtbares Licht handelt, dessen Helligkeit wir erhöhen oder vermindern können, ohne weitere Schwierigkeit zu beantworten.

[1]) Ich habe hier zunächst als Maximum von Hell nichtgedämpftes diffuses Tageslicht vor Augen; viele Tiere, die an dieses gewöhnt sind, werden sich als phengophob erweisen, wenn sie einer grösseren Helligkeit, z. B. dem direc Sonnenlicht ausgesetzt sind.

Es handelt sich, wie im Vorhergehenden schon wiederholt bemerkt wurde, nur darum, dass hiebei auf geeignete Weise der Helligkeitseinfluss eliminiert werde.

Dies liesse sich natürlich am einfachsten und vollständigsten dadurch erzielen, dass man den zu vergleichenden Farben genau dieselbe Helligkeit gäbe. Da dies aber bekanntlich ganz ausserordentlich schwierig und bei farbigen Gläsern, wie ich sie meist anwendete, in der Regel überhaupt unmöglich ist, so blieb mir kein anderes Auskunftsmittel übrig als das nachstehende Verfahren, das ich als Methode des übermerklichen Unterschiedes bezeichnen will.

Sie besteht im Folgenden. Ich nehme zwei Farben, z. B. Rot und Blau und gebe zunächst der ersteren eine sehr merklich grössere Helligkeit als der zweiten. Sagen wir, das Tier ziehe unter diesen Umständen das Rot dem Blau vor. Hierauf wechsle ich die Helligkeiten, d. h. ich mache nun das Blau, und zwar wieder um einen sehr augenfälligen Betrag, heller als das Rot. Wird nun abermals das Rot dem Blau vorgezogen, so ist damit selbstverständlich der Beweis erbracht, dass die betreffenden Farben auch bei gleicher Helligkeit von einander unterschieden werden, beziehungsweise dass das Rot nur seiner Qualität wegen die grössere Attraction als das Blau ausübt.

Da diese Methode, wie man sieht, nur dann ein positives Resultat ergeben kann, wenn das Gefühl für Qualitätsunterschiede (Farbengefühl) beträchtlich jenes für Quantitätsdifferenzen (Helligkeitsgefühl) überwiegt, dies aber keineswegs immer anzunehmen ist, so wird man leicht begreifen, dass der Farbensinnerforschung auch in dieser Beziehung z. T. sehr enge Grenzen gesteckt sind.

3. Frage. Hat das optische Spectrum bei gewissen Tieren eine grössere Ausdehnung als bei uns, d. h. ist ihnen das Ultraviolet, bez. das Ultrarot sichtbar, und wenn ja, erscheint es ihnen unter einer besonderen Qualität?

Diese Frage ist z. T. allerdings schon durch die mitgeteilten Untersuchungen Lubbock's beantwortet, es scheint mir aber doch angezeigt zu sein, dieselbe noch einmal zu berühren. Da vielfach die Möglichkeit einer solchen das optische Verhalten der Tiere betreffenden Verschiedenheit schon von vorne herein geläugnet wird, so möcht' ich diesfalls zunächst bemerken, dass ich ein solches aprioristisches Bedenken für ganz unbegründet halte. Ja noch mehr. Wenn man erwägt, dass gewisse Tiere auch auf andere Reize, z. B. auf gewisse Gerüche, Geschmäcke und Schalle reagieren, die wir gar nicht wahrnehmen, und ferner, was die Hauptsache, dass sich ja, wie wol

Niemand zweifeln wird, die Ausdehnung und die Art des Empfindens einer gewissen Reizgattung mit der Natur der betreffenden Perceptions- und Centralorgane ändert, so ist es Angesichts der grossen Verschiedenheiten im Baue der Augen sogar im höchsten Grade wahrscheinlich, dass speciell in der Sphäre des optischen Wahrnehmens zwischen uns und den Tieren ganz fundamentale Differenzen obwalten.

Uebergehend nun auf die Discutierung der gestellten Fragen, so ist es zunächst ziemlich leicht zu entscheiden, ob Ultraviolet[1]), resp. Ultrarot optisch anders als eigentliches Schwarz wirkt. Stellt sich z. B. heraus, dass ein photophiles Tier, wie der Wasserfloh, das Ultraviolet dem Schwarz vorzieht, oder dass ein photophobes, wie die Ameise, dasselbe meidet, so kann kein Zweifel sein, dass es wirklich anders als Schwarz wirkt, beziehungsweise dass es — wenn die gewissen nichtoptischen Wirkungen ausgeschlossen sind — eine gewisse Helligkeit besitzt; denn ein anderer optisch wirksamer Unterschied zwischen eigentlichem Schwarz und Ultrarot- oder Ultraviolet-Schwarz kann wol nicht angenommen werden.[2])

Ganz unmöglich erscheint mir aber eine sichere Beantwortung des zweiten Teils der Frage, ob den betreffenden Tieren die dunkeln Stralen in einer besonderen Farbe erscheinen.

Die Hauptschwierigkeit liegt nämlich in der von Lubbock meines Wissens gar nicht erwähnten Möglichkeit, dass speciell das Ultraviolet durch fluorescierende Augenmedien (ähnlich wie dies für dieselben „dunkeln" Stralen auch an menschlichen Leichenaugen constatiert ist) in ein auch uns sichtbares Licht umgewandelt werden kann, und es ist klar, dass in diesem Falle nicht mehr von einer aparten Ultravioletfarbe gesprochen werden darf.

4. Frage. Ist die relative Helligkeit der einzelnen sichtbaren Spectrumzonen für gewisse Tiere eine andere als für uns?

---

[1]) Beim Menschen geht bekanntlich das Ultraviolet, wenn auch geschwächt, durch die Linse und die anderen Augenmedien, wirkt aber nicht erregend auf die Nerven. Das Ultrarot ist optisch selbst bei einer Intensität unwirksam, wo es (durch seine thermische Kraft) Platin glühend macht.

[2]) Die eventuelle Sichtbarkeit des Ultrarot könnte auch z. T. und unter Umständen mit Hilfe der Wärmereactionen erwiesen werden. Würde z. B. ein wärmeliebendes Tier das relativ kalte Schwarz dem relativ wärmeren Ultrarot vorziehen, so würde das darauf schliessen lassen, dass das Ultrarot ausser dem thermischen Einfluss noch eine andere u. zw. eine optische Wirkung ausübt, die dem Versuchsobject unangenehmer als die Kälte d. Schwarz ist.

Hierüber lässt sich deshalb nichts Sicheres eruieren, weil Function der Helligkeit nicht von jener der Farbe oder Qu getrennt werden kann. Würde nämlich beispielsweise auch ein l liebendes Tier das für uns relativ dunkle Spectrum-Blau dem starken Gelb vorziehen, so dürfte selbstverständlich daraus noch der Schluss gezogen werden, dass diesem Geschöpf das Blau h als das Gelb erscheint, denn die stärkere Anziehungskraft des gegenüber dem Gelb kann ja von der Qualität beider Vergleichsli abhängen, und zwar umsomehr, da factisch nicht selten bei Bestimmung der Reaction mehr das Farben- als das Helligkeitsg ausschlaggebend ist.

Nur unter einer Bedingung lässt sich Bestimmteres auss Ergäbe sich nämlich bei genauer Prüfung, dass ein Tier, wel eine sehr hohe oder eine sehr niedere Lichtstimmung hat, welches sich ferner vorwiegend oder ausschliesslich nur durch Helligkeitsgefühl leiten lässt, an einem ihm vorgeführten Spectrum die hellsten, resp. die dunkelsten Zonen aufsuchen würde, so wär zwar nicht gewiss, aber doch wahrscheinlich, dass die Helligk verhältnisse der einzelnen Spectrumfarben für dasselbe ähnliche für uns sind.

5. Frage. Sind manche Tiere für gewisse uns si bare Spectrumzonen blind?

Wenn wir annehmen dürfen, dass manchen Tieren die für dunklen Stralen sichtbar sind, dann ist es wol auch möglich, anderen wieder das uns Sichtbare unsichtbar bleibt. Mit gros Schwierigkeiten ist aber, wie leicht einzusehen, der Nachweis e solchen partiellen Lichtblindheit verbunden. Setzen wir beispielsw zunächst den Fall, dass ein Tier mit hoher Helligkeitsstimmung zwisc dem spectralen Violet und dem Schwarz (oder allenfalls dem Ul violet) keinerlei reactiven Unterschied zeige, so wäre es unstre noch nicht erlaubt, ohne weiteres die Unsichtbarkeit der betreffen Zone anzunehmen; denn wenn ein Tier das Violet ebensosehr o vielleicht sogar in noch höherem Grade wie das Schw meidet, so kann dies ja davon herrühren, dass ihm die Qualität genannten Farbe sehr unangenehm ist.

Mit einiger Sicherheit dürfen wir auf die Unsichtbarkeit ei uns sichtbaren Farbe nur unter der Bedingung schliessen, dass diese von einem hochgradig phengophilen Tier auch dann ähnlich wie Schw gemieden würde, wenn sie weit heller als die übrigen nicht gem denen Farben wäre.

Auf die experimentelle Untersuchung dieser sowie der vorhergehenden Frage habe ich aber nur wenig Rücksicht genommen und bleibt sonach der weiteren Forschung auch in dieser Hinsicht noch genug zu tun übrig.

2. Allgemeines Versuchsverfahren, Beobachtungseinrichtungen, Vorkehrungen zur Beschränkung der Mischung der Vergleichslichter, Eliminierung der Wärme.

Zur Untersuchung des Licht- und Farbengefühles der Tiere gibt es im wesentlichen zweierlei Methoden. Die eine besteht darin, dass man zwei oder mehrere miteinander kommunicierende Räume gleichzeitig verschieden belichtet und den darin befindlichen Tieren die Wahl zwischen denselben überlässt. Das zweite Verfahren dagegen beruht darauf, dass man den Tieren zwei oder mehrere verschieden belichtete aber sonst gleiche Gegenstände, wie z. B. Nahrungsobjecte, zur Auswahl vorlegt. Ich unterscheide diese beiden Versuchsarten kurz als Methode der totalen[1]) und der partiellen Belichtung. Jede dieser Methoden hat, wie leicht einzusehen, ihre Vor- und Nachteile. So gewährt u. A. die Methode der partiellen Belichtung gegenüber der anderen den grossen Vorteil, dass hiebei nicht nur die thermischen, sondern vor allem auch die chemischen Nebenwirkungen auf den Gesammtkörper auf ein Minimum reduciert sind, denn es ist doch klar, dass etwa das Rot oder Blau einer Beere, die ich einem Vogel zur Farbensinnprüfung vorlege, nur das Auge, nicht aber die Haut afficieren kann.

Unstreitig sind aber im allgemeinen die Nachteile dieser Methode viel grösser als die der anderen und will ich diesfalls nur folgende Punkte hervorheben.

Vor allem ist es bei der zweiten Methode — und das ist ja das entscheidendste Moment — sehr schwer, ja meist unmöglich bei der unvermeidlichen Gegenwart vieler anderer Reize die Aufmerksamkeit

[1]) Da bei dieser Methode auf das Versuchstier zeitweilig wenigstens, d. i. wenn es sich nicht gerade an der Grenze zweier Kammern aufhält, nur einerlei Licht einwirkt, könnte man sie auch als Methode der einfarbigen und die andere als Methode der zwei- oder mehrfarbigen Belichtung bezeichnen. Diese Determinierungsweise ist aber insoferne nicht ganz entsprechend, als ja nicht nur Qualitäten, sondern auch Intensitäten verglichen werden. Am besten wäre es vielleicht von einer Methode mit grossen und einer mit kleinen Lichtflächen zu sprechen.

der Tiere auf die vorgehaltenen Licht- und Farbenproben zu lenken, und das Resultat ist also in der Regel ein negatives. Ferner begegnet man bei der zweiten Methode grossen ja oft unüberwindlichen Hindernissen bezüglich einer genaueren Bestimmung und Regulierung der Qualität und Helligkeit des zur Anwendung kommenden reflectierten Lichtes.

Weiters kann man bei der Methode der partiellen Belichtung wegen der Flüchtigkeit der meisten Tiere und aus anderen Gründen in der Regel nur mit einem einzigen Individuum oder doch nur mit wenigen operieren, was die Untersuchung sehr in die Länge zieht.

Endlich, und dies ist auch ein äusserst wichtiger Factor, lassen die mittelst der Methode der partiellen Belichtung bei verschiedenen Tieren erhaltenen Ergebnisse keine strenge Vergleichung zu; denn es ist doch von selbst klar, dass es absolut unmöglich ist, die angewendeten Probelichter bei verschiedenen Tieren unter gleichen Umständen zur Einwirkung zu bringen.

Aus allen diesen Gründen habe ich, u. zw. ganz ausschliesslich, die Methode der totalen Belichtung angewendet.

Ich komme nun zur Besprechung der Beobachtungseinrichtungen, worunter ich, indem zunächst von den später zu behandelnden Licht-Medien abgesehen wird, vornehmlich die Gefässe und Kästen verstehe, in welchen die Versuchstiere dem Lichte ausgesetzt werden.

Dem Princip der totalen Belichtung würde es selbstverständlich am meisten entsprechen, wenn die Einrichtung eine solche wäre, dass die Tiere von allen Seiten her und in gleicher Stärke vom Versuchslichte beleuchtet würden. Da sich dies aber ohne sehr umständliche, und z. T. (bei grösseren Tieren) sehr kostspielige Vorbereitungen nicht machen lässt, so bediente ich mich im allgemeinen nur der einseitigen Beleuchtung und zwar entweder jener von oben oder von der Seite.

Je nach der Grösse und nach den Lebensgewohnheiten der einzelnen Versuchstiere müssen natürlich zu deren Unterbringung auch verschiedene Einrichtungen in Anwendung kommen.

Ich benutzte zu dem Zweck 1. Glasröhren von verschiedener Grösse, 2. rinnenförmige Tröge und 3. Kästen gleichfalls in mehreren Grössen.

Was zunächst die aus reinem weissen Glas bestehenden Röhren betrifft, so sind dieselben sehr zu empfehlen für die Aufnahme sehr kleiner und insbesondere solcher Tiere, die, wie z. B. die Ameisen, die Zirpen und Blattiden, sehr flüchtiger Natur sind. Zum Gebrauche wird das Glasrohr beiderseits mit einem, inwendig mit einem Glas-

plättchen versehenen Korkstoppel verschlossen. Behufs der Ventilation oder des gleichzeitigen Versuchs mit diversen Gasarten setzt man im Korke knieförmig gebogene Glasröhrchen ein. Operiert man mit Wassertieren, so wird das Rohr, bei wagrechter Stellung, höchstens bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt und werden die Ventilationsröhrchen selbstverständlich über dem Wasser angebracht. Die Dimensionen der verwendeten Röhren waren (im Lumen gemessen) folgende:

Glas-Rohr	No. 1	40	cm.	lang	5	cm.	weit
"	" 2	20	"	"	5	"	"
"	" 3	40	"	"	2·5	"	"
"	" 4	20	"	"	2·5	"	"

Was die Aufstellung der Röhren betrifft, so diente hiezu ein inwendig geschwärzter Kasten von folgender Einrichtung. Die Seitenwände haben eine runde Öffnung, in welche die Enden des Rohres zu liegen kommen; um hier jeden Lichtzutritt abzuhalten, wird über dieselben noch ein Lappen schwarzen Tuches gehängt. Die vordere Wand und desgleichen die Decke des Kastens haben in ihrer ganzen Länge einen der Weite des Rohres entsprechenden Ausschnitt, durch welchen das Licht eindringen kann. Am vordern Ausschnitt oder Lichtspalt sind ferner geeignete Nuten zum Einschieben farbiger Gläser angebracht, die unmittelbar nebeneinander zu liegen kommen.

Am selben Orte können auch parallelwandige Flaschen oder Küvetten mit farbigen Flüssigkeiten aufgestellt werden, während die durchbrochene Decke des Kastens als Basis für Glaswannen etc. bestimmt ist. Hinten ist der Kasten mit einem undurchsichtigen lang herabhängenden Tuch verhängt, das man bei continuierlicher Beobachtung über den Kopf nimmt. Selbstverständlich können bei entsprechender Länge und Einrichtung dieses Kastens auch mehrere Röhren nebeneinander Platz finden; doch ist die Benutzung separater Träger für die einzelnen Röhren vorzuziehen.

Der Hauptnachteil dieser sonst vielfach sehr praktischen Einrichtung ist der, dass das Rohr nicht durch quere Schieber beliebig abgeteilt werden kann, und also häufig ein ganz genaues Abzälen der in den einzelnen verschieden belichteten Strecken des Rohres befindlichen Tiere gar nicht möglich ist.

Übergehend auf die am besten aus Blech herzustellenden Tröge, so gewähren diese, wenn sie anders gut gearbeitet sind, fast dieselben Vorteile wie die Röhren, ohne deren Nachteile zu besitzen. Ich verwendete hievon nur eine Grösse, nämlich solche von 8 cm. Weite, 3 cm. Tiefe und 50 cm. Länge. Jeder Trog kann durch Schieber in

8 resp. in 4 oder in zwei unter sich gleiche Kammern abgeteilt werden. Die zur Führung der oben vorstehenden Schieber bestimmten Spangen sind, um nicht die freie Passage zwischen den einzelnen Abteilungen zu behindern, auf die Seitenwände beschränkt. Der Trog kann dadurch abgeschlossen werden, dass man über die einzelnen Abteilungen entsprechend grosse Platten von reinem Glas legt, und ist, damit dieselben besser anschliessen, der Rand des Troges in einer Breite von ca. 2 cm. flach umgebogen. Auf die weisse Glasdecke kommen dann und zwar wieder unmittelbar nebeneinander (z. T. nur durch die Schieber getrennt) die farbigen Gläser beziehentlich die anderen Gefässe mit lichtabsorbierenden Medien, die natürlich der Grösse der Kammern entsprechend gewählt werden müssen.

Beifügen will ich noch, dass der Trog zweckmässig auf ein paar ziemlich hohe Füsse gestellt wird.

Den allermeisten Gebrauch machte ich von den Kästen, die ich in der Folge nach ihrer Grösse als kleine, mittlere und grosse bezeichne. Die Einrichtung der beiden ersten Gattungen ist folgende. Sie bestehen aus einer mit Füssen versehenen rechteckigen Basis, ferner aus zwei Seitenwänden und einem Ramenwerk zum Einsetzen von Glasscheiben und Deckeln. Der ganze Kasten hat vier gleiche Abteilungen, die durch in Nuten laufende Schieber separiert werden können. Das Ramenwerk ist so beschaffen, dass in jeder Abteilung sowohl vorne als oben und hinten zwei separat bewegliche Gläser, resp. Schieber eingesetzt werden können. In die innere Nute kommen Platten, resp. Fenster von reinem Glas, die zum Verschluss des Kastens dienen, während eine äussere Nute zur Aufnahme der farbigen Gläser, resp. der undurchsichtigen Schieber bestimmt ist.

Von der kleineren Kastengattung hatte ich zwei Exemplare, nämlich eins aus Blech gefertigt mit gut eingekitteten Vorder- und Hinterfenstern zur Aufnahme von Wassertieren und eins aus Holz mit allerseits mobilen Fenstern zur Unterbringung von Lufttieren. Von der mittleren Gattung dagegen hatte ich nur ein Stück und zwar von derselben Construction wie der letzterwähnte kleine Holzkasten. Erwähnt sei noch, dass die einzelnen Ramenleisten möglichst schmal sein sollen, damit die Fenster, resp. die farbigen Medien nicht zu weit auseinander kommen; grosse Schwierigkeit macht die Herstellung der doppelten Nuten und ein genauer Verschluss, der sich übrigens durch besondere lichtabhaltende mobile Leisten vervollständigen lässt.

Die Dimensionen der Fenster sind:

Kleiner Kasten 15 cm. Länge 9·5 cm. Breite
Mittlerer „ 20 „ „ 15 „ „

Was nun den Gebrauch dieser Kästen betrifft, so brachte ich die farbigen Medien in der Regel an der Vorderseite an und verdunkelte die oberen und hinteren Fenster durch Schieber. Nur wenn breite Glaswannen zur Verwendung kamen, stellte ich dieselben auf die oberen Fenster und verdunkelte die vorderen und hinteren. Beifügen will ich noch, dass mir die beschriebene Einrichtung auch für allfällige Versuche mit gemischtem, sowie mit ungleich gesättigtem farbigen Licht sehr passend erscheint, indem man beispielsweise in einer und derselben Abteilung vorne Rot, hinten Blau oder Weiss einwirken lassen kann, und sich die Lichtmischung ausserdem noch durch ein farbiges oder weisses Oberlicht verändern lässt.

Was dann die Einrichtung des grossen Beobachtungskastens anlangt, so ist dieselbe im wesentlichen die gleiche wie bei den anderen nur mit dem Unterschiede, dass die Fenster, weil mir zur Anschaffung der nötigen Anzal grosser farbiger Glasscheiben die Mittel fehlten, relativ kleiner sind.

Während nämlich die Vorder- resp. die Hinterwand jeder der vier Abteilungen (bei einer Breite des Kastens von 50 cm.) 60 cm. hoch und 38 cm. lang ist, betragen die Fenster nur 30 cm. im Gevierte. Ferner werden letztere aus nahe liegendem Grunde nicht mit Glas, sondern mit einem weitmaschigen an einem mobilen Ramen befestigten Dratgitter verschlossen. Ausserdem ist der ganze Deckel des Kastens mittelst Scharnieren zum Öffnen eingerichtet und ist der Boden behufs leichterer Wegschaffung der oft sehr umfangreichen und störenden Exkremente der Versuchstiere in eine Schublade umgewandelt.

Da manche Tiere, wie z. B. frischeingefangene Vögel, wenn man zum Zwecke der Beobachtung die hinteren Schieber aufhebt, leicht scheu werden, so hab' ich in den letzteren je ein kleines mit schwarzem Tuch zu verhängendes Guckloch und um auch die an der Hinterwand sitzenden Tiere (speciell Vögel) zu sehen, vorne, in entsprechender Stellung, einen Spiegel angebracht.

Ich muss nun auf einen Umstand aufmerksam machen, der zwar bisher gar nicht beachtet wurde, der aber gleichwol für die in Rede stehenden Versuche von grosser Wichtigkeit ist.

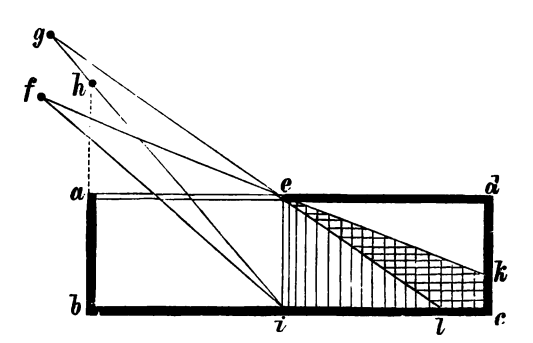
Die Sache ist die, dass es, wie ich im Nachfolgenden erläutern werde, unter den gewöhnlichen Beobachtungs-Verhältnissen unmöglich

ist, die Versuchstiere zwei oder mehreren verschiedenen Lichtzuständen von gewünschter Beschaffenheit auszusetzen.

Wir haben diesfalls zweierlei Beziehungen ins Auge zu fassen, nämlich jene zwischen einer beleuchteten und einer verdunkelten Beobachtungskammer und jene zwischen zwei ungleich beleuchteten Abteilungen.

Betrachten wir zunächst an der Hand der beistehenden Figur die erstere Beziehung.

Fig. 2.



a b c d sei das Versuchsgefäss, sagen wir ein Trog, und wir wollen die darin befindlichen Tiere auf ihre Wal zwischen Weiss und Schwarz prüfen. Zu dem Zwecke werden wir die eine Hälfte des Troges (a e) mit weissem Glas, die andere mit irgend einem undurchsichtigen Gegenstand (e d) bedecken. Nehmen wir nun auch an, dass die Reflexion des Lichtes an den Wänden des Gefässes durch einen entsprechenden schwarzen Anstrich vollkommen aufgehoben sei, so ist doch klar, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. i. wenn der Trog, etwa an einem Fenster, dem diffusen Tageslicht ausgesetzt ist, demungeachtet auch die verdunkelte Kammer Licht erhält, nämlich von der Seite her, sagen wir vom Punkt f (mit dem Lichtkegel i f k). Die beschattete Abteilung ist also in Wirklichkeit nicht schwarz, sondern halbdunkel, wobei die Lichtintensität von i gegen d hin stetig abnimmt.

Ähnlich verhält es sich nun auch, wenn zwei aneinanderstossende Abteilungen verschieden belichtet werden.

Ist z. B. in e d ein blaues und a e ein rotes Glas, so erhält die blaue Abteilung durch den vom Punkte f in schräger Richtung kommenden Stralenkegel i f k auch rotes Licht und vice versa die rote Abteilung wieder blaues. Reines Rot und reines Blau haben wir

also im günstigsten Fall nur an den äussersten Ecken; *der Mittelraum hingegen, wo sich die Tiere vorwiegend für die eine oder für die andere Farbe zu entscheiden haben, enthält gemischtes Licht*, das selbstverständlich allerdings in der blaubedeckten Abteilung mehr blau, in der rotbedeckten mehr rot ist.

Wäre die Nachbarkammer der blauen nicht rot, sondern weiss belichtet, so wäre das Ergebnis das, dass sowohl in der weissen als in der blauen Kammer gewisse correspondierende Stellen Blau von geringerer Sättigung besässen.

Die in Rede stehenden Verhältnisse berührte ich aber nicht nur deshalb, um zu zeigen, dass einer exacten Farbengefühlprüfung auch von dieser Seite Hindernisse im Wege stehen; ich will zugleich auch dartun, wie dem geschilderten Übelstand am zweckmässigsten zu begegnen ist.

Am einfachsten könnte man die Lichter-Vermischung offenbar dadurch vermindern, dass man (vgl. Fig. 2) den Schieber (e i) möglichst weit herab liesse, oder allgemeiner gesprochen, dass man die Communicationsöffnung zwischen zwei Nachbarkammern möglichst reducierte. Bei ganz kleinen Tieren macht dies auch weiter keine Schwierigkeit und bieten in dieser Hinsicht insbesondere die engen Glasröhren die allergünstigsten Verhältnisse. Beim Versuch mit grösseren, sowie auch mit kleineren fliegenden oder hüpfenden Tieren kann dagegen von diesem Auskunftsmittel kein Gebrauch gemacht werden, wenn man nicht wieder durch Beschränkung der Communication in einen noch grösseren Fehler verfallen will.

Ein anderes Mittel bestünde darin, den Beobachtungsraum möglichst lang zu nehmen, denn es ist ja bekannt, dass ein geschlossener Gang, der von der Seite durch ein Fenster beleuchtet wird, grössere Lichtcontraste zeigt als ein weniger langes aber sonst gleich weites Zimmer. Ein mässig weiter aber sehr langer Kasten würde sich insbesondere zur Prüfung des Helligkeitsgefühles resp. zur Ermittlung der Helligkeitsstimmung sehr gut eignen, da man darin, namentlich wenn das Lichtfenster recht klein gemacht und ans Ende des Kastens verlegt würde, die relative Wirksamkeit aller Abstufungen vom Weiss bis zum absoluten Schwarz bequem beobachten könnte.

Leider musste ich teils aus Mangel an Raum, teils wegen ungenügender Geldmittel von der Herstellung solcher Einrichtungen wenigstens für die grösseren Tiere ganz absehen. Für die kleineren Tiere hinge[illegible] chriebenen Gefässe in entsprechender

Weise anzuwenden, indem man z. B. beim Versuch mit Weiss-Schwarz in dem mehrteiligen Trog oder Kasten nur in die äusserste Abteilung Licht einfallen lässt und dann beobachtet, welche der übrigen ungleich dunklen Zellen am meisten aufgesucht oder gemieden wird.

Leider hat auch dieses Arrangement wieder gewisse leichtersichtliche Nachteile.

Aus diesem Grunde bediente ich mich in der Regel des einzigen noch übrig bleibenden Präservativverfahrens, das darin besteht, dass man das schräg einfallende Licht durch geeignete vor den Versuchskästen anzubringende Blendungen abhält. Fig. 2, in welcher a h die Blendung vorstellt, erläutert, inwiefern durch die letztere die Lichtervermischung der Nachbarkammern beschränkt wird.

Zuletzt noch ein paar Worte über die zu den Beobachtungen verwendete Lichtquelle.

Obwol selbstverständlich die Unterschiede im Licht- und Farbengefühl beziehentlich die photokinetischen Reactionen mit der Intensität des Lichtes zunehmen, so benutzte ich doch fast durchgehends nur das diffuse Tages- und nur ausnahmsweise directes Sonnen- oder Lampenlicht. Der Grund liegt zunächst darin, dass es, wenn man nicht im Freien beobachtet, ausserordentlich umständlich, ja meist unmöglich ist, mehrere Abteilungen eines grösseren Kastens mit Sonnen- (oder auch Lampen-) Licht gleich stark zu beleuchten.

Ausserdem gewährt die Anwendung des diffusen Tageslichtes noch den Vorteil, dass man nicht auf den Einfluss der stralenden Wärme zu achten hat, denn die Unterschiede, die sich hier ergeben können, z. B. bei einerseits erhelltem, anderseits verdunkeltem Raume liegen, wenigstens so lange man es nicht mit Mikro-Organismen zu tun hat, wie man sich leicht überzeugen kann, unterhalb der Grenze der Merkbarkeit.

Directes Sonnenlicht, bez. auch höhere Wärmegrade erfordern nur die Versuche mit gewissen Tieren, z. B. mit Schmetterlingen. In diesem Falle wurde die Wärmestralung durch Einschaltung einer dicken Schichte einer Alaunlösung möglichst beschränkt und wurden nebstdem behufs Prüfung der Frage, ob die betreffende Reaction nicht etwa doch durch die Wärme verursacht sei, entsprechende Controlversuche angestellt; denn leider fehlt es noch immer an einigermassen genügenden Versuchen über das relative Wärmegefühl beziehentlich über die Wärmestimmung der Tiere.

Inwieweit etwa die Temperatur die Licht-Reactionen direct beeinflusst, weiss man bisher nicht, übrigens sind die Differenzen nur gering, da die Versuche grösstenteils im Zimmer gemacht wurden.

3. Bestimmung der in Anwendung kommenden Vergleichslichter.

A. Bestimmung der Qualität oder Wellenlänge. Eine Hauptbedingung bei den vorliegenden Untersuchungen ist selbstredend die, dass wir in der Lage sind, auf die Versuchstiere Lichter von beliebiger Wellenlänge einwirken zu lassen. Streng genommen entspricht aber dieser Bedingung nur das objective Spectrum des weissen Lichtes, das uns vor allem auch die Möglichkeit gewährt, das Ultrarot und das Ultraviolet für sich allein zur Anwendung zu bringen.

Beim Versuch mit den eigentlichen Spectrallichtern scheint es mir aber wegen der ungleichen räumlichen Ausdehnung der einzelnen Hauptfarben angezeigt zu sein, die Qualität der betreffenden Lichter nicht wie das Lubbock getan hat, durch die üblichen Farbenbezeichnungen sondern durch Angabe der Wellenlänge (resp. der Schwingungsdauer) zu determinieren, und dürfte es sich im allgemeinen empfehlen, zu diesem Zwecke das sichtbare Spectrum in mehrere, sagen wir etwa in vier gleichbreite Zonen zu teilen, wie solche annähernd in der nachfolgenden Figur angedeutet sind, wo die Zalen 76, 57 etc. Hunderttausendstel eines Millimeters Wellenlänge bedeuten.[1])

Fig. 3.

76 57 48 42 39
76 69 66 59 53 49 43 39
A B C D E F G H_2
ultrarot rot orangegelb grün blau indigo violet ultraviolet

Wollte man auf die Tiere zwei nicht aneinandergrenzende Spectrumfelder, sagen wir 76—57 und 42—39 oder Ultrarot und Ultraviolet unmittelbar nebeneinander (und nicht durch ein dunkles Spatium getrennt) einwirken lassen, so müssten natürlich zwei entsprechend gegeneinander verschobene Spectra projiciert werden.

Zur Erzeugung genügend grosser objectiver Spectra fehlten mir aber leider fast alle Hilfsmittel und war ich daher auf die farben-

[1]) Die Teilung geschieht am bequemsten nach der Scala von Kirchhoff.

absorbierenden Medien angewiesen, bei deren Anwendung ich aber mit vielen Hindernissen zu kämpfen hatte.

Für die farbigen Flüssigkeiten fehlte es mir nämlich vielfach an geeigneten (namentlich grösseren) parallelwandigen Gefässen und was die farbigen Gläser betrifft, so konnte ich mir dieselben nicht an Ort und Stelle nach Bedarf auswälen, sondern musste eben das hinnehmen, was man mir zuschickte.

Die qualitative Bestimmung der verschiedenen von mir gebrauchten (mit fortlaufenden Nummern versehenen) farbigen Medien findet man zugleich mit den Helligkeitsangaben auf einer eigenen Tabelle am Schlusse dieses Abschnittes. Die Analyse machte ich mit Hilfe des ausgezeichneten Mikrospektroskops von Zeiss [1]) und zwar unter Anwendung von etwas gedämpftem Sonnenlicht. Ich füge diesfalls noch bei, dass alle Bestimmungen bei annähernd derselben Intensität des weissen Lichtes und bei derselben Spaltweite ausgeführt wurden, und ferner, dass die Tabelle Mittelwerte aus mindestens 5 Ablesungen enthält. Wie man weiters sieht, bezeichnen die Zalen der Tabelle nicht das absorbierte, sondern das durchgehende Licht. In Bezug auf die Bestimmung der Grenzen gewisser Absorptionsstreifen namentlich in discontinuierlichen Spectren lässt sich natürlich keine vollkommene Genauigkeit erzielen und hab' ich aus dem Grunde auch nur Hunderttausendstel und nicht Milliontel eines Millimeters Wellenlänge angegeben.

Ich will nun in Kürze zeigen, inwieweit es mit den lichtabsorbierenden Medien, die mir zu Gebote standen, möglich ist, ein den einzelnen Bezirken des Spectrums entsprechendes Licht zu erzeugen.

1. Ultrarot. Dasselbe erhält man, wenn man einer entsprechend dicken Schichte Schwefelkohlenstoff so lange Jod zusetzt, bis sämmtliche uns sichtbare Stralen ausgelöscht werden. Welche Wellenlängen dieses Ultrarot enthält, oder mit anderen Worten, wie weit es sich, vom äussersten Rot angefangen, ausdehnt, lässt sich selbstverständlich nicht angeben. Übrigens hab' ich mit Ultrarot nur ein paar Versuche gemacht, die ein völlig negatives Resultat ergaben.

2. Rot. Dies lässt sich von allen spectralen Lichtern relativ am vollkommensten und einfachsten erzeugen, nämlich durch Anwendung entsprechender Überfanggläser, deren mehrere Sorten in den Handel kommen.

---

[1]) Eine Beschreibung dieses sehr handlichen Apparates findet sich u. a. im Buch von H. W. Vogel „praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe. Nördlingen 1877", dass auch sonst für die in Rede stehenden Bestimmungen sehr zu empfehlen ist.

Eine einfache Lage gibt ca. 72—60welliges Licht, das durch Anwendung von mehr Lagen ohne zu grosse Schwächung der Intensität noch weiter eingeengt werden kann (vgl. Tabelle No. 6—13).

3. Gelb. Einigermassen monochromatisches Gelb, ich meine darunter (mit Einrechnung eines Teiles des Orange) Licht von ca. 62—52 H. T. mm. W. L. kann bekanntermassen mit Hilfe der gebräuchlichen Medien nicht in entsprechender Weise, d. i. mit einer für solche Versuche genügenden Helligkeit dargestellt werden.

Die sog. gelben lichtabsorbierenden Körper enthalten im besten Falle ausser Gelb entweder noch viel Rot, so z. B. concentriertere Lösungen von Eisenchlorid, dopp. chroms. Kali, Pikrinsäure, Alizarin, Gelbholzextract) oder statt dessen Grün, wie z. B. mangansaures Kali, Chlornickel u. a.

Was speciell die von mir fast ausschliesslich verwendeten gelben Gläser anlangt, so sind diese meist noch unreiner als die erwähnten Flüssigkeiten, indem fast alle Sorten (und ich hatte es leider mit vielen zu tun) ausser Rot und Grün auch noch mehr oder weniger Blau durchlassen.

Ziemlich empfehlenswert sind gewisse gelbgrüne und orangefarbene Gläser (z. B. Tabelle Nr. 20 und 24), die in doppelter Lage bei noch entsprechender Helligkeit das Spectrum bis auf die Zone 67 bis 51 einschränken, und wenn man 3 bis 4 Lagen nimmt, freilich auf Kosten der Helligkeit, noch ein schmäleres Farbenband geben.

Das viele Rot der letztgenannten Gläser kann übrigens leicht durch Beilegung sehr hellgrüner Gläser eliminiert werden. Leider konnte ich mir die nötige Quantität solcher Gläser bis auf den heutigen Tag nicht verschaffen.

4. Grün. Zur Darstellung dieses Lichtes sind im allgemeinen wol die dunkleren Kupferoxydgläser das einfachste Mittel. Eine einfache Lage eines solchen gibt zwar ausser Grün auch noch Gelb und Blau, bei Verdopplung des Glases verschwindet aber letzteres fast vollständig und bleibt auch vom Gelb nur ein geringer Teil übrig. Die völlige Exstinction des letzteren durch Hinzufügung einer dritten Platte (55—50 H. T. W. mm. W. L.) macht den Satz aber in der Regel wegen zu geringer Helligkeit für diffuses Sonnenlicht unbrauchbar. Von Lösungen wäre salpeters. Nickeloxydul zu empfehlen, das nach Emile Joung (s. unten) vollkommen monochromatisch sein soll.

5. Blau. Die blauen Kobaltgläser, die ich aus schon mehrfach genannten Gründen vorwiegend anwendete, sind bekanntlich im allgemeinen ebenso wenig monochromatisch wie die gelben Gläser und insoferne noch schlechter, als das Spectrum ein discontinuierliches ist,

indem darin ausser Rot und Grün und etwas Gelb auch noch Ultraviolet vorkommt.[1])

Durch Verdopplung eines (rel. dunkeln) Glases lassen sich allerdings die letztgenannten Lichter, bis auf einen schmalen Streifen Rot, auslöschen; es sinkt dann aber die Helligkeit auf ein äusserst geringes Mass herab.

Bei gleicher Lichtstärke weit reiner als das Kobaltglas-Blau ist jenes von schwefels. Kupferoxyd-Ammoniak. Aber auch dieses ist (bei nicht zu geringer Intensität) nur ein Blau im weiteren Sinne, indem es ausser Blau i. e. S. (wozu ich der Kürze wegen auch Indigo rechne) noch das ganze Violet und etwas Ultraviolet besitzt.

Um ein möglichst reines, d. i. violet- (resp. ultrav.) loses Blau zu erhalten, setzte ich dem Kobaltglas oder der genannten blauen Flüssigkeit ein entsprechend helles gelbes oder grünes Glas zu.

Ein sehr hellgelbes resp. hellgrünes Glas (z. B. Nr. 14) schneidet das Ultraviolet ab, ein etwas minder blasses hebt auch das Violet, resp., am Kobaltglas, das Rot auf.

An der genannten blauen Flüssigkeit kann man das gleiche Resultat noch einfacher dadurch erzielen, dass man sie mit einer entsprechenden Quantität einer Lösung von doppelt chroms. Kali mischt (vgl. Tabelle Nr. 43 und 46).

6. Violet. Dasselbe erhält man, freilich sehr auf Kosten der Helligkeit, indem man die Dicke der Schichte eines blau-violetten Mediums entsprechend vergrössert, oder auch — und hiebei sind die Helligkeitsverhältnisse günstigere — wenn man zu einem blau-violetten Medium ein entsprechendes purpurfarbiges z. B. ein Manganglas (siehe Tabelle Nr. 53 und 54) oder eine Lösung von übermangans. Kali hinzufügt.[2]) Das Ultraviolet kann nach Bedarf auf die oben angegebene Weise eliminiert werden.[3])

7. Ultraviolet. Zur Darstellung von einigermassen intensivem Ultraviolet kennt man bisher, so viel mir bekannt ist, kein licht-

---

[1]) Eine graphische Darstellung von hell- und dunkelblauem Kobaltglas findet man u. a. in dem schon genannten Buche von Vogel p. 211. Vgl. ferner Schleich „Die Absorptionsspectren kobaltblauer Gläser“ in Nagels Mitteilungen aus der Tübinger ophthalmol. Klinik I. p. 204–215.

[2]) Zum gleichen Zwecke kann u. a. auch Anwendung finden: Chlorkobalt, Chlornickel, Chochenille und Purpurin, welche alle mehr oder weniger den mittleren Spectrumteil absorbieren.

[3]) Young Emile (s. unten) empfiehlt für Blau eine Anilinfarbe „Lyoner Blau“ und ebenso für Veilchenblau das „Violet de Parme.“

absorbierendes Medium. Es bleibt somit, um die Wirksamkeit dieser Stralen zu prüfen, nur das eine Auskunftsmittel übrig, dass man auf die Versuchstiere sonst gleiches Licht bald mit bald ohne Ultraviolet einwirken lässt. Als ultraviolethältiges Licht verwendete ich teils das gewöhnliche weisse Licht, teils blaues i. w. S., wie man es durch die oben genannten Medien erzeugt. Zum Abschneiden des Ultraviolet verwendet man bekanntlich am besten reinen Schwefelkohlenstoff; ich benutzte meist eine Schichte von 3—4 cm.[1]) Leider war an Ort und Stelle von dieser Substanz nicht die für alle Versuche nötige Quantität aufzutreiben, und so musste ich statt dessen hellgelbes Glas oder eine sehr blasse Lösung von Kali bichrom. nehmen. Diese Medien schneiden aber auch etwas vom äussersten Violet ab. Bemerken muss ich noch, dass ich bei den grösseren Kästen nicht einmal die letztgenannten Surrogate anwenden konnte, da mir entsprechend grosse Scheiben, resp. Gefässe mangelten. In diesen Fällen nahm ich ein mittelhelles gelbes oder grünes Glas, das in Verbindung mit blauem Glas, wie schon früher erwähnt, fast das ganze Violet aufhebt. Die Alternative ist hier also nicht Blau-Violet mit und ohne Ultraviolet, sondern Blau-Violet mit Ultraviolet (resp. Rot) und Blau ohne Violet und Ultraviolet.

B. Bestimmung der Helligkeit. Was zunächst das weisse Licht betrifft, so bediente ich mich zur Erzeugung verschiedener Intensitäten desselben in Ermangelung entsprechend grosser Rauchgläser [2]) teils mattierter Scheiben, teils und vorwiegend eines weissen Seidenpapiers, das ich in einer oder in mehreren Lagen auf eine Tafel von reinem Glas aufspannte. Die genaue photometrische Bestimmung solcher Lichter unterliegt selbstverständlich keiner Schwierigkeit; hier und in den übrigen Fällen gebe ich aber, um Bruchzalen zu vermeiden, nicht die Intensität selbst, sondern den reciproken Wert derselben (Verdunkelungs-Coefficient) an.

Die betreffenden Zalen (der Tabelle) geben somit an, wie vielmal die Helligkeit eines Lichtes beim Durchgang durch ein bestimmtes absorbierendes Medium verringert wird. Ein für allemal will ich dann noch bemerken, dass ich fast durchgehends, da es sich meist um

---

[1]) Aus mehrfachen Gründen wird S_2C am besten in geschlossenen parallelwandigen Flaschen angewendet, denen man nach Belieben eine verticale oder horizontale Lage geben kann.

[2]) Rauchgläser absorbieren bekanntlich Violet stärker als Rot und die anderen Stralen und haben daher ihr Nachteiliges.

grössere Intensitätsdifferenzen handelt, von der Angabe der Decimalstellen absehe.

Eine ausserordentlich missliche Sache ist es nun aber bekanntlich um die Vergleichung der Helligkeit bei verschiedenfarbigen Medien, und da mir noch dazu die nötigen feineren Messapparate, ich meine hier speciell die von Vierordt und Glahn gebrauchten Instrumente [1]) fehlten und ich auf ein selbstconstruiertes Rumford'sches (Schatten-) Photometer [2]) angewiesen war, so werden selbstverständlich die einschlägigen Bestimmungen von vorneherein wenig Vertrauen erwecken können.

Trotzdem ich mich aber bei Tausenden von Beobachtungen von der grossen Schwierigkeit einer halbwegs genauen Vergleichung der Intensität ungleichfarbiger Schatten genugsam überzeugen konnte, so lässt sich doch nachweisen, dass sich die erhaltenen Werte nicht allzu weit von der Wirklichkeit entfernen und speciell, dass dieselben für die hier hauptsächlich in Betracht kommende Methode der übermerklichen Unterschiede vollkommen ausreichend sind.

---

[1]) Näheres hierüber, sowie überhaupt über die Photometrie der Absorptions-Spectren gibt u. a. wieder das Buch von Vogel. — Ferner vgl. man Zahn, über die photom. Vergleichung verschiedenfarbiger Lichtquellen, Sitz.-Ber. der naturforsch. Ges. zu Leipzig Nr. 4.

[2]) Dasselbe ist ein 2 m. langer, 20 cm. hoher und ebenso breiter innen geschwärzter Kasten, in dessen Mitte auf einem Blatt weissen Papieres das Stäbchen steht. Die zu vergleichenden Gläser oder Flüssigkeiten (in entsprechenden Gefässen) werden einander gegenüber gestellt, so dass der rechts und links fallende Schatten eine Gerade bildet. In einer Entfernung von 5 cm. vom Stäbchen ist beiderseits ein Diaphragma mit einer 1 cm. weiten Spaltöffnung. Die Beobachtung der Schatten geschah durch einen Spalt der Seitenwand. Als Lichtquelle dienten zwei starke Petroleumflammen (mit Reflector), die vor jeder Beobachtung genau übereinstimmend gemacht wurden. Das Licht wurde ferner dem dunkleren absorbierenden Körper resp. dem Stäbchen möglichst nahe gebracht. Die Berechnung der Intensität geschieht bekanntlich nach der Proportion $J : J' = d^2 : d'^2$, worin J und J' die Intensitäten zweier Vergleichslichter d und d' jene Lichtdistanzen bedeuten, bei welchen das Stäbchen von beiden Lichtern gleich stark beleuchtet wird, resp. bei welchen dasselbe gleich intensive Schatten wirft. — Aus obiger Proportion ergibt sich $J' = J\left(\frac{d'}{d}\right)^2$, oder wenn der reciproke Wert der Intensität berechnet werden soll,

$$\frac{1}{J'} = \frac{1}{J}\left(\frac{d}{d'}\right)^2$$

welche Formel, wenn $J = 1$ gesetzt wird, übergeht in

$$\frac{1}{J'} = \left(\frac{d}{d'}\right)^2.$$

Die Methode, die ich bei der Photometrie der farbigen Lichter befolgte, ist nun folgende. Zunächst verglich ich dieselben, und zwar ausschliesslich der dunkleren Compositionen, direct mit ungeschwächtem weissen Licht. In der nachfolgenden Zusammenstellung einiger dieser Grundbestimmungen findet man die betreffenden Werte in der Vertikalkolumne I. — Zweitens verglich ich dann die Intensität einer Lage oder Schichte eines bestimmten farbigen Mediums mit jener von zwei oder mehreren gleich dicken Schichten desselben Mittels, nämlich nach der bekannten Formel

$$J_1 = \sqrt{J_2} \text{ eventuell } J_1 = \sqrt[3]{J_3} \text{ oder}$$

allgemein $$\log J_1 = \log J_n : n,$$

wobei J_1 die Lichtstärke einer Schichte $J_2 . J_3 \ldots J_n$ jene von 2 . 3 . . . n gleich dicken Schichten bedeutet. Die einschlägigen Zalen stehen in der Kolumne II. [1]) Drittens endlich untersuchte ich die relative Helligkeit zwischen zwei ihrer Qualität nach ungleichen Medien und die zugehörigen Werte stehen in der Kolumne III.

Farbe des Mediums	Nr. der Haupt-Tabelle	(Reciproker Wert der) Intensität			
		I.	II.	III.	Mittel
Gelb	15	1·5	—	—	1·5
Orange	24	4·2	4·0	—	4·1
Gelb	17	2·4	2·2	1·7	2·1
Gelbgrün	20	2·9	2·9	3·5	3·1
Hellrot	6	6·0	5·0	4·0	5·0 [2])
Hellrot	29	9·0	—	9·0	9·0
Hellgrün	31	5·7	5·9	—	5·8
Dunkelgrün	35	14·7	11·8	20·0	15·5
Hellblau	38	7·3	·	—	7·3
Dunkelblau	39	30·2	31·2	28·8	30·0
Purpur	49	8·3	6·2	7·6	7·0

[1]) Eine besondere Bestimmung erfordern selbstverständlich Combinationen zweier oder mehrerer Farbenmedien, von denen eines einen sichtbaren Spectrumstreifen eines anderen total oder partiell auslöscht. Hellgrünes und hellpurpurnes Glas, z. B., die beide eine relativ hohe Intensität haben, geben, mit einander verbunden, fast völliges Schwarz, da das grüne Glas das Rot und Violet des purpurnen und hinwieder das purpurne Glas das Grün des grünen Glases absorbiert.

[2]) Herr Prof. Mach in Prag hatte die ganz ausserordentliche Freundlichkeit, für mich einige ihm eingesandte Gläser auf ihre Helligkeit prüfen zu lassen

Wie man sieht, ist die Übereinstimmung zwischen den auf verschiedenem Wege erhaltenen Intensitätswerten der einzelnen Farben eine sehr befriedigende und wo dies, wie etwa beim Dunkel-Grün und Dunkel-Blau nicht der Fall ist, sind die Fehler doch solche, dass sie bei der Vergleichung genannter Farben mit anderen leicht corrigiert werden können. Setzen wir z. B. den bestimmten Fall, wir hätten dem Dunkel-Blau (mit der Intensität 28·8—31·2) ein noch dunkleres Rot entgegenzusetzen, so werden wir eben nicht ein solches wälen, das dem Mittelwerte 30 nahekommt, sondern eines, dessen Intensität noch viel geringer als der gefundene Minimalbetrag für das Blau ist, sagen wir eines mit der Intensität 100. Dieses Beispiel führt uns auf die Frage nach der Methode, wie man von einer gewissen Farbe geringere Intensitätsgrade erhält. Dieselbe kann offenbar eine zweifache sein. Wir können nämlich erstens direct die Intensität des angewendeten weissen Lichtes am zweckmässigsten durch Einschaltung der oberwähnten Mittel (mattierte Gläser, Seidenpapier etc.) entsprechend abschwächen, oder wir können das angewendete farbige Medium durch Übereinanderschichtung zweier oder mehrerer Lagen (bei Flüssigkeiten auch durch höhere Concentration) dunkler machen. Erwägt man aber, dass mit jeder Änderung der Intensität eines farbenabsorbierenden Mediums auch eine Änderung der Qualität des durchgehenden Lichtes verbunden ist, so leuchtet von selbst ein, dass speciell für unsere Zwecke und ganz besonders in jenen Fällen, wo es sich um die Prüfung der Reaction gegenüber ungleich hellen aber qualitativ gleichen Lichtern handelt, die erste Methode bei weitem vorzuziehen ist.

Nichtsdestoweniger habe ich mich vorwiegend des zweiten Verfahrens bedient, und zwar einmal deshalb, weil bekanntlich dunklere Farben-Medien im allgemeinen weit mehr monochromatisch als hellere sind, und dann zweitens aus dem Grunde, weil die für die Dämpfung des weissen Lichtes angegebenen Hilfsmittel die Homogenität der belichteten Fläche beeinträchtigen, indem daran, wie man sich leicht an einem vor das Fenster gehaltenen mattierten Glas oder Papier belehren kann, hellere und dunklere Stellen abwechseln, und es leicht

---

und zwar nach einem relativ einfachen Verfahren, das auf einer Combination einer Methode von Aubert und einer von Wheatstone beruht. Es gereicht mir zur Befriedigung konstatieren zu können, dass wenigstens der für das Hell-Rot (Nr. 6) gefundene Wert 7·7 nicht allzusehr von dem abweicht, den ich selbst bestimmt habe. Für das Blau (Nr. 39) fand Dr. Tumliř allerdings einen viel kleineren Betrag als ich (nämlich 8·2); Prof. Mach bemerkt aber, dass ihm selbst das betreffende Glas um 25% dunkler als Dr. T. erschien.

möglich ist, dass die Tiere gegen eine solche scheckige Lichtfläche anders als gegen eine gleichförmig beleuchtete reagieren. Wie ich aber wol kaum eigens zu sagen brauche, ist das angewendete Verfahren auf alle Fälle ein sehr unvollkommenes.

4. Nähere Schilderung des Versuchsverfahrens, Vorsichtsmassregeln zur Beschränkung diverser störender Einflüsse.

A. Berücksichtigung der beschränkten Fähigkeit der Tiere zeitlich getrennte Empfindungen zu vergleichen. Unter der Voraussetzung, dass man allen bezüglich ihres reactiven Effectes zu vergleichenden farbigen Lichtern genau dieselbe Helligkeit zu geben im Stande wäre, scheint es von vorne herein das Naheliegendste zu sein, dieselben auch alle auf einmal auf die Versuchstiere einwirken zu lassen.

Nichtsdestoweniger ist aber diese Methode der Farbengefühl-Prüfung, die ich kurz als Vielfarben-Methode bezeichnen will, wie eine nähere Betrachtung der ganzen Sachlage lehrt, im allgemeinen wenigstens, eine völlig verwerfliche.

Sehen wir hiebei ganz von dem zumal bei trägeren Geschöpfen häufig vorkommenden Fall ab, dass ein Versuchstier in der Kammer, in welche man es beim Beginn des Versuches gibt, bleibt oder dass es höchstens noch ein paar Nachbarkammern besucht und somit gar nicht in die Lage kommt, alle ihm zur Wal freigestellten farbigen Lichter kennen zu lernen und setzen wir gleich den für die Vielfarbenmethode günstigsten Fall. Derselbe ist offenbar der, dass das Versuchstier ein- oder mehrmal alle verschiedenfarbigen Abteilungen passiert, dann in einer bestimmten Kammer einen längeren Aufenthalt nimmt, und wie oft man es auch aus derselben vertreiben mag, immer wieder dahin zurückkehrt.

Unter solchen Umständen scheint es nun a priori ganz selbstverständlich, dass die Farbe jener Abteilung, in welcher das Tier am öftesten gefunden wird, oder wo es, was im Grund genommen Einerlei ist, am längsten verweilt, in der Tat die erklärte Lieblingsfarbe sei. Gleichwol beweist das Resultat nicht das, was es beweisen soll.

Setzen wir, um diese sehr wichtige Sache möglichst klar zu machen, den bestimmten Fall, die Reihe der Farben sei (meinetwegen von links nach rechts) die des Spectrums, also Rot, Gelb, Grün, Blau etc. und nehmen wir ferner an, die am meisten besuchte Farbe sei das Gelb. Was sagt uns nun, strenge genommen, der Ausfall des Versuches?

T a-

der Qualitäts- und Helligkeits-Bestimmung

Nr. des Mediums	Haupt-Farbe	Beschaffenheit: farbige Gläser (g) farbige Flüssigkeiten (f)	Wellenlänge des durchgehenden Lichtes (in hunderttausendtel Millim.)	Angabe der einzelnen Farben	Intensität (wie vielmal dunkler als Weiss)
1	Weiss	Mattes Glas 1 St.		Weiss	1·7
2	„	„ 2 „		„	2.9
3	„	Seidenpapier 1 „		„	3·0
4	„	„ 2 „		„	9·0
5	„	„ 3 „		„	27·0
5*	„	Schwefelkohlenstoff	75 bis 39—	Weiss ohne Ultrav.	1·1
6	rot (hell)	g 1 St.	72 - 60	rot, or.	5·0
7	„ (mittel)	„ 1 „	70—60	„ „	9
8	„	„ Nr. 7 2 „	69—62	„ or.	81
9	„	„ „ 3 „	69—63	„ or.	729
10	„ (dunkel)	„ „ 1 „	71 - 61	„ or.	15·0
11	„	„ Nr. 10 2 „	70—62	„ or.	225
12	„ (ganz dunkel)	„ „ 3 „	69 - 62	„	500
13	„	„ „ 4 „	69—64	„	2500
14	gelb (s. hell)	f. doppelt chroms. Kali	75 bis 40	rot bis viol.—	1·1
15	„ (s. hell)	g	70 „ 42	rot „ viol.	1·5
16	„ (s. hell)	g	70 „ 43	rot „ viol.—	1·7
17	„ (hell)	g	70 „ 44	rot „ viol.—	2·1
18	„	g Nr. 17 2 „	69 „ 47	rot „ blau	4·4
19	„	„ „ 3 „	69 „ 49	rot „ grün	9
20	gelbgrün (hell)	„ —	68 „ 48	rot „ grün	3·1
21	„	„ Nr. 20 2 „	67 „ 51	rot „ grün	10
22	„	„ „ 3 „	65 „ 54	rot „ grün	30
23	„	„ „ 4 „	63 „ 55	or. gelb	93
24	orange	„ —	68 „ 50	rot bis grün	4·1
25	„	„ Nr. 24 2 „	67 „ 52	rot „ grün	17
26	„	„ „ 3 „	67 „ 58	or. gelb	68
27	„	„ „ 4 „	66 „ 59	or. gelb	272

belle

der angewendeten lichtabsorbierenden Medien.

Nr. des Mediums	Haupt-Farbe	Beschaffenheit: farbige Gläser (g) farbige Flüssigkeiten (f)	Wellenlänge des durchgehenden Lichtes (in hunderttausendtel Millim.)	Angabe der einzelnen Farben	Intensität (wie vielmal dunkler als Weiss)
28	gelb (dunkel)	g 1 St.	70 bis 44 —	rot bis blau	25
29	„	„ Nr. 28 2 „	65 „ 58	or.-gelb	625
30	„	„ „ 3 „	63 „ 59	or.-gelb	15000
31	grün (hell)	„ — 1 „	61 bis 41 —	or. bis viol.	5·8
32	„ (mittel)	„ — 1 „	60 bis 42	gelb grün blau	6·8
33	„	„ Nr. 32 2 „	58 „ 48	grün	46
34	„	„ „ 3 „	55 „ 50	grün	313
35	„ (dunkel)	„ „ 1 „	60 „ 45	gelb „ blau	15
36	„	„ Nr. 35 2 „	57 „ 50	gelb grün	225
37	(g.dunkel)	„ — 1 „	59 „ 48	gelb grün blau	24
38	blau-viol. (hell)	„ — 1 „	72 bis u.-v.	alle Farben, mit Absorptionsstreifen im orange und grün	7·3
39	„ (dunkel)	„ — 1 „	72-70, 57-55, 54- u.-v.	rot gelb grün blau viol. u. v.	30
40	„	„ Nr. 39 2 „	70-69 51- u.-v.	rot blau viol. u. v.	900
41	„ (s. dunkel)	„ — 1 „	72-70 58·56 53- u.-v.	rot gelb blau viol. u. v.	40
42	blau	{ g Nr. 32 / „ „ 39 }	50 44 —	blau —	2320
43	blau-viol.	f Kupfer-Ammon	50- u.-v.	blau viol. u. v.	40
44	„	f Nr. 43 2 St.	47-41 —	viol. —	1600
45	violet	{ f Nr. 43 / g „ 39 } 1 „	47- u.-v.	viol. u. v.	1000
46	blau viol.	{ f Kupfer-Ammon / d. chroms. Kali }	51 - 41 —	blau viol. —	60
47	„	{ g Nr. 39 / „ „ 15 }	72-70 57-55 53-40 —	rot grün bl. viol. —	35
48	„	{ f „ 43 / g „ 15 }	50-42 —	blau viol.	70
49	purpur (hell)	g —	69 bis 50, 48 b. u.-v.	rot or. gelb grün blau viol. u. v.	7·4
50	„	g Nr. 49 2 St,	68 „ 55 45 „ u.-v.	rot or. gelb viol. u. v.	55
51	(dunkel)	g —	68 „ 52, 48 „ u.-v.	rot or. gb. bl. viol. u. v.	10·8
52	„	g Nr. 51 2 St.	68-60 45 „ u.-v.	rot or. viol. u. v.	117
53	violet	{ g Nr. 51 / g „ 39 }	44 „ u.-v.	viol. u. v.	1540
54	„	{ g „ 39 / g „ 49 }	46 „ u.-v.	viol. u. v.	1100
55	blau	{ g „ 39 / g „ 17 }			1500
56	„	{ g „ 31 / g „ 39 }			1400
57	blau-viol.	{ g „ 39 / f „ 5* }			33
58	grün-blau	{ g „ 31 / g „ 38 }	57-44	grün blau	69

Dürften wir annehmen, dass das betreffende Tier von allen Farben, die es an sich hat successive vorüberziehen sehen, eine gleich lebendige Vorstellung bewahrte und dass die schliessliche Entscheidung für das Gelb das Resultat der Vergleichung aller einzelnen Gefühlseffecte wäre, dann würde der Versuch in der Tat nichts zu wünschen übrig lassen. Die genannte Voraussetzung darf aber im allgemeinen, wollen wir den Tieren nicht eine höhere Fähigkeit im Behalten und Vergleichen differenter Vorstellungsbilder als uns selbst zuschreiben, nicht gemacht werden. Wenn das Tier beispielsweise vom Violet her durch das Blau und Grün ins Gelb kommt, dürfen wir nicht ohne Weiteres annehmen, dass es noch eine deutliche Idee von der Wirkung der erstgenannten Farben habe und sich bewusst sei, dass dieselbe weniger angenehm als die des Gelb ist. Was wir zunächst voraussetzen dürfen, ist nur, dass es beim Übergang vom Grün resp. vom Rot ins Gelb letzteres anziehender als ersteres findet, dass es also dem Gelb im Vergleich zu den bestimmten Nachbarfarben den Vorzug gibt.

Es entsteht aber offenbar sofort die Frage, ob denn das Tier das Gelb auch unter andern Umständen z. B. in dem Fall wählen würde, wenn dasselbe am Ende des Versuchskastens oder etwa zwischen Blau und Violet läge. Dass diese Frage keine müssige, dass vielmehr wirklich die Möglichkeit vorhanden ist, dass dem Tier das Gelb in einer neuen Constellation weniger als früher behagen könnte, wird man gerne zugestehen, wenn man sich an gewisse analoge Empfindungsvergleichungen erinnert. Nehmen wir beispielshalber an, wir hätten mehrere Weingattungen A, B, C, D etc. zu prüfen, so ist es ja allgemein bekannt, dass eine bestimmte Sorte, sagen wir C, zwischen B und D anders schmeckt als etwa zwischen A und D oder am Anfang resp. am Ende der ganzen Probereihe, und dass demnach auch die definitive Wal je nach der Zusammenstellung der Proben sehr verschieden ausfallen kann.

Um bei der Vielfarbenmethode ganz sicher zu gehen, ist es, wie man sieht, unbedingt notwendig, die Ordnung der Lichter wiederholt abzuändern, was sich aber bekanntlich speciell bei Anwendung des objectiven Spectrums, für welches dieses Verfahren zunächst angezeigt erscheint, ohne äusserst complicierte Vorrichtungen nicht wol ausführen lässt.

Aus den angeführten Gründen und besonders noch deshalb, weil es, wie wir von früher wissen, im allgemeinen ganz unmöglich ist, mehreren heterochromatischen Lichtern dieselbe Helligkeit zu geben, habe ich bei meinen Versuchen fast durchaus nur die Zweifarben-Methode in Anwendung gebracht.

Dieselbe ist nun freilich, will man überhaupt zur Kenntnis der relativen Wirksamkeit der ganzen Farbenreihe gelangen, zumal mittelst des Verfahrens der übermerklichen Helligkeitsunterschiede, eine ganz ausserordentlich mühselige und zeitraubende.

Es müssen der Reihe nach, um den Gang der Untersuchung kurz zu skizzieren, mindestens folgende Vergleichungen vorgenommen werden.

Nämlich:

1. Rot mit Gelb,	2. mit Grün,	3. mit Blau (i. w. S.)	mit Ultrav.	4. ohne Ultrav.
5. Gelb	mit Grün,	6. mit Blau	mit Ultrav.	7. ohne Ultrav.
	8. Grün	mit Blau	mit Ultrav.	9. ohne Ultrav.
		10. Blau	mit Ultrav.	mit Blau ohne Ultrav.

Ferner: Weiss [1]) mit Rot, Gelb, Grün etc.,
ebenso: Schwarz „ „ „ „ „

Bezüglich der Farben versteht es sich nach dem Früheren von selbst, dass im allgemeinen jeder der aufgezälten 10 Versuche zweimal gemacht werden muss, nämlich einmal so, dass die erste Farbe heller als die zweite und dann so, dass die erste dunkler als die zweite, resp. letztere heller als die erste ist. Im ganzen sind also 20 und mit Hinzurechnung der Reihe Weiss-Rot-Gelb etc. und Schwarz-Rot-Gelb etc. 32 Detailexperimente notwendig.

Schliesslich will ich noch besonders darauf aufmerksam machen, dass die combinierte Anwendung der Zwei- und der Mehrfarbenmethode uns Aufschluss über die psychologisch äusserst interessante und wichtige Frage geben kann, wie es sich bei den betreffenden Versuchstieren mit dem Erinnerungsvermögen für zeitlich getrennte Gesichtsempfindungen verhält.

Stellt sich nämlich heraus, dass ein Tier, wie beispielsweise die Biene, bei Anwendung der Vielfarbenmethode dieselbe Farbenvorliebe wie bei jener der Zweifarbenmethode bekundet, so ist das, wie ich wol nicht näher zu begründen brauche, ein Beweis, dass bei diesem Geschöpf die nach einander empfangenen Gesichtsvorstellungen verhältnismässig lange lebendig sich erhalten.

Das Umgekehrte zeigt uns u. a. der Triton, der, wie aus den mittelst der Zweifarbenmethode gewonnenen Reactionsziffern erhellt, das ultraviolethältige Blau (i. w. S.) bei weitem am stärksten flieht, während die betreffende Abteilung, bei der gleichzeitigen Einwirkung aller Farben, die am meisten frequentierte ist.

---

[1]) Wünschenswert wäre es ferner ausser dem gewöhnlichen auch noch ultravioletloses Weiss zum Vergleich heranzuziehen.

B. Öftere Wiederholung der Versuche vorteilhafter als eine grosse Zal von Versuchstieren. Obwol man selbstverständlich mit einer grössern Zal von Versuchsobjecten unter sonst gleichen Umständen verlässlichere Resultate als mit wenigen Individuen erzielt, und man insbesondere, im allgemeinen wenigstens, die Versuche um so weniger oft zu wiederholen braucht, je mehr Objecte vorhanden sind, so ist dies doch nicht immer der Fall und erweist sich überhaupt eine öftere Wiederholung der Versuche als vortheilhafter wie eine zu grosse Versuchsmenge.

Dass namentlich bei beschränktem Raum eine grosse Zal von Versuchsobjecten die Reinheit des Resultates beeinträchtigt, ist wol von selbst einleuchtend und will ich nur auf ein paar dieser störenden Einflüsse aufmerksam machen.

Vor allem darf man nicht vergessen, dass wenn sich viele Tiere in einem belichteten Raum befinden, sie sich gegenseitig des Lichtes ganz oder doch zum Teile berauben und dass also nicht alle Individuen in die Lage kommen, die Vergleichslichter in gleicher und überhaupt in entsprechender Weise auf sich einwirken zu lassen. Wer einmal gesehen hat, wie sich Spinnerraupen ineinander verwickeln oder wie z. B. Blattkäfer klumpenweise übereinandersitzen, der wird nicht läugnen können, dass aus diesem Verhältnis für die Beurteilung des Licht- oder Farbengefühles grosse Fehler entspringen können.

Ein anderes störendes Moment bei einer grössern Versuchsmenge ist der Geselligkeitstrieb. Wenn beispielsweise Tiere, wie Ameisen oder Bienen alle oder zum grössten Teile in einer Abteilung des Versuchskastens beisammen gefunden werden, so dürfen wir nicht etwa ohne weiteres annehmen, dass wirklich alle Individuen eine Vorliebe für das betreffende Licht haben; denn es ist ja sehr wohl möglich, dass manche Individuen nicht des Lichtes wegen in die betreffende Kammer kamen, sondern weil sie andere dorthin sich bewegen sahen und sie ihnen rein nur aus geselligen Interessen, oder in Folge des Nachahmungstriebes folgten.

Endlich muss man auch in Erwägung ziehen, dass dort, wo viele Individuen beisammen sind, erfahrungsgemäss die Aufmerksamkeit auf gewisse äussere Einflüsse, wie das Licht ein solcher ist, unter Umständen sehr durch verschiedene andere Einwirkungen, welche eben dem gegenseitigen Verkehr entspringen, verringert wird. Die Tiere sehen sich gegenseitig an, sie betasten, beriechen, behorchen sich, sie raufen und spielen miteinander, es kommt ferner bei Anwesenheit verschiedener Geschlechter noch zur Erweckung stärkerer Reize und man wird

zugeben, dass durch dies Alles die Aufmerksamkeit der Tiere auf das Licht unter Umständen in hohem Grade abgelenkt werden kann.

Dass gelegentlich wenigstens, mit der zunehmenden Zal der Versuchstiere wirklich die Lichtreaction abnimmt, konnte ich aber auch experimentell feststellen. Ich will diesfalls nur ein einziges Beispiel anführen, das ein äusserst lichtempfindliches Insect, die Chrysomela menthastri Suff. betrifft. In der ersten das Verhalten zu Weiss und Schwarz betreffenden Versuchsreihe, in der nur mit 13 Individuen operiert wurde, war das Schwarz 6·2mal stärker als das Weiss frequentiert. In einer zweiten mit 20 Tieren sank dagegen der Reactionscoefficient auf 2·8 und in einer dritten Serie mit 40 Tieren gar auf 2·5. Leider vermochte ich mir nicht eine noch grössere Individuenzal zu verschaffen; doch dürften die gemachten Angaben genügen, um in dieser Hinsicht zu weiteren Experimenten anzuregen.

Wenn aber auch die oben genannten perturbierenden Momente nicht vorhanden wären, und wirklich die Reaction aller Versuchsindividuen ausschliesslich nur durch das Licht bedingt würde, so dürfte gleichwol von einer oftmaligen Wiederholung des Versuches nicht Umgang genommen werden.

Man muss sich nämlich stets gegenwärtig halten, dass auch bei diesen Untersuchungen jene Summe von unbekannten Ursachen, die man kurz als Zufall bezeichnet, eine gewisse Rolle spielt. — Es wird das Beste sein, diesfalls gleich einige bestimmte Beispiele anzuführen. Zunächst eines in Bezug auf die Helligkeitsreaction.

Bei ganz jungen Schweinchen stellte sich bei der ersten im ganzen 23 Ablesungen umfassenden Versuchsreihe heraus, dass die helle und die verdunkelte Abteilung ziemlich gleich oft, nämlich erstere 24, letztere 22mal besucht wurde. Daraus würde man wol ziemlich allgemein den Schluss ziehen, dass genannte Tiere auf Helligkeitsdifferenzen überhaupt nicht merklich reagieren. Wie vorschnell aber ein solcher Schluss wäre, zeigt eine zweite, später gemachte Versuchsreihe, welche im ganzen 28 Einzelbeobachtungen umfasst, und die das nach dem Früheren ganz unerwartete Resultat lieferte, dass die helle Kammer 46, die dunkle nur 10mal besucht wurde. Woher es denn kommt, dass die Differenz anfangs so klein und später relativ so gross war, ob die Tiere vielleicht zuerst ihre Mutter suchend im Käfig ungeduldig und unbekümmert um den grossen Lichtunterschied hin und herliefen und sich des letzteren erst nach längerer Entfernung aus den bisher gewohnten Verhältnissen oder mit dem zunehmenden Alter deutlicher bewusst wurden, das entzieht

sich vorläufig der Beurteilung; wichtig ist aber für uns die Tatsache, dass unter sonst gleichen Umständen im Laufe der Zeit eine Änderung in der Reactionsweise eingetreten ist.

Noch auffallender ist die folgende Beobachtungsreihe, die sich auf das Verhalten der gemeinen Nesselraupe (Vanessa urticae) gegenüber dem Grün und Blau bezieht.

Ich teile sie in extenso mit.

Das Ergebnis war:

Raupe von V. urticae. Am 1. Tag. (12. Mai. 15° R. ganz hell.)

Dunkel Grün	Hell Blau	Hell Grün	Dunkel Blau
12	8	18	2
7	9	17	3
11	9	16	4
14	6	11	9
15	5	13	7
13	7	15	5
15	5	17	3
13	3	18	1
Am 2. Tag. (13. Mai 15° R., ganz hell.)			
5	2	9	11
6	14	8	22
7	13	7	13
8	12	5	15
6	14	5	15

Während, wie man sieht, am ersten Tag das Grün, mochte es heller oder dunkler als Blau sein, mit Ausnahme eines einzigen Falles constant und auffallend stärker als letzteres besucht wurde, trat am zweiten Tag ein totaler Umschlag ein, indem die Tiere nunmehr und fast ebenso entschieden dem Blau den Vorzug gaben.

Wenn ich noch bemerke, dass mir ähnliche Fälle von anscheinend unmotivierter Reactionsänderung noch öfter vorkamen, so brauche ich weiter wol kein Wort mehr darüber zu verlieren, dass ein häufiges Wiederholen unserer Versuche auch bei Anwendung einer grösseren Menge von Tieren dringend geboten ist. [1])

C. Anordnung der Versuchstiere, Eliminierung des Einflusses der Ortsgewöhnung und der Ortserinnerung.

[1]) Im Vorbeigehen möcht' ich hier erwähnen, dass mir die meisten neueren Versuche von H. Müller über die Farbenliebhaberei der Honigbiene (Kosmos 1882, p. 273—299) mit Rücksicht auf die Zal der einzelnen Walacte und die z. T. sehr schwankenden Ergebnisse, wenig beweiskräftig erscheinen.

Die unserm Zweck am meisten entsprechende Anordnung der Tiere für den Versuch ist offenbar die, dieselben in den mittleren Raum zwischen beiden Vergleichslichtern zu bringen, sie also kurz gesagt jedesmal von neuem vor die Wal zu stellen.

Bei kleineren und nicht allzuflüchtigen Tieren lässt sich dies auch unschwer ausführen, und hab' ich mich dieser bisher nirgends erwähnten Anordnungsweise auch sehr häufig so z. B. bei den Raupen, bei diversen Amphibien u. a. bedient. Ich bezeichne dieses Verfahren in der Folge als Mittelstellung.

Eine andere und bisher fast ausschliesslich angewandte Methode besteht dann darin, die Tiere nach der Abzälung sich selbst zu überlassen, dagegen die Lage der Vergleichslichter zu vertauschen. Stellen wir uns, um über die Bedeutung dieses Verfahrens ganz klar zu werden, vor, es wäre ursprünglich rechts Rot und links Blau und es wäre ersteres von 20, letzteres von 5 Tieren besucht. Bringen wir nun Blau rechts und Rot links, so kommen die 20 Rot-Tiere unter Blau, somit tatsächlich wieder unter neue Verhältnisse und es kann sich also auch der Einfluss der beiden Lichter von neuem geltend machen. Dabei ist es dann ziemlich gleichgiltig, ob die Rot-Tiere unter dem Blau letzteres fliehen, weil es ihnen Unlust erweckt, oder ob sie dem Rot (wenn dieses nicht zu weit entfernt ist!) nachgehen, weil sie daran ein besonderes Wolgefallen haben.

Man sieht aber auch sofort ein, dass diese Methode nur unter der Voraussetzung ihr Ziel erreicht, wenn die betreffenden Tiere sich nicht an den Ort, den sie schon längere Zeit eingenommen haben, zu sehr gewöhnen.

Ist letzteres der Fall und kann nicht die Mittelstellungs-Methode angewendet werden, so muss man wenigstens dafür Sorge tragen, dass die Tiere dadurch dem Einfluss der Ortsgewöhnung entzogen werden, dass man sie in entsprechender Weise durcheinander bewegt; ich nenne dies das Verteilungsverfahren, und will nur noch beifügen, dass man aus naheliegendem Grunde darauf zu achten hat, dass die Zal der Individuen in beiden Vergleichsabteilungen wenigstens annähernd dieselbe sei. [1])

Sehr zweckmässig ist es selbstverständlich, das Verteilungs- resp. Mittelstellungs-Verfahren mit der Vertauschungsmethode zu combinieren.

---

[1]) Wäre die Zal der Tiere in beiden Vergleichskammern dieselbe, so würde der Ortsgewöhnung am vollkommensten durch Vertauschung der Tiere vorgebeugt. Begreiflicherweise bietet aber der Versuch in diesem Falle überhaupt wenig Interesse.

Ich bringe nun ein paar Beispiele, um zu zeigen, dass selbst bei relativ agilen und, was die Hauptsache, bei hochgradig lichtempfindlichen Tieren die Vertauschungsmethode unter sonst gleichen Umständen weit kleinere Reactionsunterschiede als das Verteilungsverfahren liefert, letzteres somit bei weitem den Vorzug verdient.

Die betreffenden Beobachtungen beziehen sich wieder auf die schon früher erwähnte Chrysomela-Art.

Das Nähere ergibt nachstehende Übersicht:

	Hell Rot	Dunkel Blau	Hell Gelb	Dunkel Blau
10 Uhr: Verteilt . . .	26	2	16	12
11 „ „ . . .	20	8	24	4
12 „ Vertauscht .	13	15	11	17
1 „ Unverändert . .	13	15	11	17
2 „ „ . .	15	13	13	15
3 „ „ . .	12	16	16	12
4 „ „ . .	14	14	17	11
5 „ Verteilt . . .	20	8	24	4

Wie man sieht, war bei den ersten zwei Verteilungsversuchen sowol das Rot als das Gelb viel stärker als das Blau besucht. Nach der ersten Vertauschung war dagegen die Zal der Rot- (resp. Gelb-) und Blau-Besucher ziemlich dieselbe, d. h. es waren aus der blauen Abteilung nur ein paar Tiere in die rote gegangen, obwol ihnen diese sonst viel angenehmer ist. Dies Verhältnis änderte sich auch wenig im Laufe mehrerer Stunden, oder mit andern Worten, obwol den Blau-Tieren Zeit genug gelassen wurde, die rote Abteilung aufzusuchen, giengen doch nur noch zwei in dieselbe (15—13); es kehrte aber andererseits auch ein Individuum wieder in die sonst gemiedene blaue Kammer zurück, und nur zwischen Gelb und Blau war die Zuwanderung ins erstere eine wenn auch geringe doch stetige. Dass diese geringe Bewegung der Tiere bei Anwendung der blossen Lichtervertauschung wirklich von der Ortgewöhnung und nicht etwa von einer zeitweiligen Unempfindlichkeit für Lichtdifferenzen herrührt, beweist am schlagendsten der Umstand, dass nach erfolgter Wiederverteilung (am Schluss der Beobachtungsreihe) sofort wieder ins Rot und Gelb weit mehr Individuen (20, 24) als ins Blau (8, 4) giengen.

Meine vielfachen vergleichenden Versuche über den relativen Wert der Verteilungsmethode einer- und der Vertauschungsmethode andererseits führten mich u. A. auch zur Erkenntnis eines Verhaltens, das mir nicht nur in Bezug auf die in Rede stehende Angelegenheit, sondern auch für die Erforschung einer wichtigen tierpsychologischen

Frage von grossem Interesse erscheint. Ich will trachten die Sache so klar wie möglich darzulegen.

Wir haben eben erfahren, dass gewisse in hohem Grad blaufliehende Blattkäfer einen blaubelichteten Raum nicht sobald verlassen, wenn sie sich dort einmal unter Einwirkung eines ihnen relativ angenehmen z. B. eines roten Lichtes festgesetzt haben. Dies ist offenbar eine Folge ihrer Bewegungsträgheit oder genauer gesagt der Ortsgewöhnung i. e. S. d. i. der Eigentümlichkeit, an dem Platze, den sie sich zur Ruhe einmal auserlesen haben, auch unter geänderten ungünstigen Verhältnissen länger zu verweilen.

Ausser der genannten Art von Ortsgewöhnung gibt es aber bekanntlich wenigstens bei uns noch eine zweite, darin bestehend, dass man sich nach einem Orte, wo es einem einmal gut gefallen hat, zurücksehnt und auch wirklich dahin zurückzukehren strebt. Da ein solches Zurückstreben nach einem verlassenen Orte auf der Erinnerung an denselben beruht, so will ich diese zweite Art von Ortsgewöhnung, wenn auch nicht ganz passend, kurz als Ortserinnerung bezeichnen.

Ohne Zweifel haben auch gewisse Tiere dieses psychische Vermögen und es ist leicht einzusehen, dass durch dasselbe die in Rede stehenden Lichtreactionen sehr beeinflusst werden können. Setzen wir zur Erläuterung folgenden concreten Fall. Ein Tier befinde sich in einem rechts mit Rot, links mit Blau belichteten Kasten in der roten Abteilung und zwar aus dem Grunde, weil es wirklich die letztgenannte Farbe dem Blau vorzieht. In Folge dessen wird, wenn sein Orientierungsvermögen somit ausgebildet ist, auch für die rechte Abteilung als solche eine gewisse Sympathie resp. gegen die andere eine Antipathie entstehen.

Nehmen wir nun an, es werde gleichzeitig Verteilung und Vertauschung vorgenommen und zwar derart, dass das in Rede stehende Individuum in die linke Abteilung kommt, wo es (in Folge der Lichtervertauschung) wieder das ihm angenehme Rot findet.

Unter solchen Umständen ist nun wol im allgemeinen zu erwarten, dass das Tier in der linken Kammer bleiben wird. Wenn wir aber annehmen, dass das Tier eine einigermassen lebhafte Ortserinnerung besitzt, dass sich bei ihm also die angenehme Vorstellung des Rot mit jener von Rechts associiert hat, dann würde es uns sicherlich nicht so befremdend vorkommen, wenn dasselbe anfangs trotz der ungünstigen Lichtverhältnisse aus dem linken Rot in das rechte Blau hinüber sich bewegte; denn wenn dasselbe angenehme Rot, das früher rechts lag, auch links sich befindet, kann sich dem

Tier ja doch die Sache so darstellen, als ob es ihm im Rechts bess gefallen habe.

Dass nun aber bei gewissen Tieren solche Vorgänge auch wirklic stattfinden, wird die folgende Versuchsreihe am Triton dartun.

Dieselbe bezieht sich auf die Wal zwischen (hellem) Rot un (dunkelm, ultravioletlosem) Blau im w. S. und verwendete ich hiez 40 Individuen, die, was begreiflicherweise auch sehr wesentlich ist während der ganzen Dauer des Versuches dieselben blieben.

Was das nähere Verfahren anbelangt, so bestand dasselbe darin, dass ich die Tiere nach jeder Ablesung (meist durch eine schaukelnde Bewegung des mit Wasser gefüllten Kastens) verteilte, und dass ich dann ferner nach einer Anzal von Beobachtungen gleichzeitig auch die Lichter resp. die Gläser vertauschte. Ich notire im Folgenden der besseren Übersichtlichkeit wegen die Ablesungen von einer Lichter-Vertauschung bis zur andern.

I. Reihe	h. Rot	39,	37
	d. Blau	1,	3
		1 B.	2 B.

Daraus ersieht man, was auch andere Beobachtungen bestätigen, dass die Tritonen, trotzdem sie im allgemeinen dunkelliebend sind, dennoch das (helle) Rot dem (weit dunkleren) Blau vorziehen und zwar in sehr auffallender Weise.

II. Reihe	h. Rot	vor der Vertauschung	37	nach der Vertauschung	13,	15,	33,	31,	29,	39
	d. Blau		3		27,	25,	7,	9,	11,	1
					1 B.	2 B.	3 B.	4 B.	5 B.	6 B.

Die ersten Zalen dieser Reihe zeigen uns nun, dass einige Zeit nach der Lichtervertauschung (die ja, wie oben erwähnt, zu Anfang dieser Serie vorgenommen wurde) der Unterschied zwischen dem Rot- und Blau-Besuch bei weitem kleiner als früher ist, ja dass bei der ersten und zweiten Beobachtung sogar das sonst so verhasste Blau stärker als die Lieblingsfarbe Rot frequentiert wurde. Erst bei der dritten Ablesung stellt sich wieder das ursprüngliche Verhältnis d. i. das der Prävalenz des Rotbesuches her.

Wären bei der Lichtervertauschung die Tiere nicht auch zugleich verteilt worden, d. h. also, wären die 37 Rot-Individuen (am Ende der ersten Reihe) alle ins Blau und nur 3 ins Rot gekommen, so wäre es natürlich leicht zu begreifen, dass bei der ersten Ablesung der 2. Reihe das Rot verhältnismässig so wenig besucht war; nachdem aber bei Beginn der 2. Reihe die Zal der Rot- und Blau-Individuen

gleich war, wäre die geringe Differenz nach der ersten Exposi- ohne den erwähnten Trieb der Rot-Tiere in den Ort des früheren zurückzukehren absolut nicht zu erklären.

Reihe		vor der Vertauschung	nach d. Vertauschung 1 B.	2 B.	3 B.	4 B.	5 B.	6 B.	7 B.	8 B.	9 B.
Reihe	h. Rot	39,	14,	20,	33,	33,	37,	33,	33,	31,	38
	d. Blau	1,	26,	20,	7,	7,	3,	7,	7,	9.	2

Wie man sieht, ist der Effect des Vertauschens genau derselbe früher, nämlich anfangs ein Überwiegen der Blaubesucher, dann Beobachtung) Gleichheit der Frequenz und erst mit der 3. B. Herllung der ursprünglichen Präferenz des Rot, die dann ziemlich stant bleibt.

Reihe		vor der Vertauschung	nach d. Vertauschung							
IV. Reihe	h. Rot	38,	12,	17,	24,	34,	31,	29,	35.	36
	d. Blau	2,	28,	23,	16,	6,	9,	11,	5,	4

Auch hier zeigt sich wieder die Tendenz der Rückwanderung zur 4. Beobachtung in derselben Weise wie früher.

Reihe		vor der Vertauschung	nach d. Vertauschung 1 B.	2 B.	3 B.	4 B.	5 B.	6 B.
V. Reihe	h. Rot	36,	20,	35,	37,	35,	36,	36
	d. Blau	4,	20,	5,	3,	5,	4,	4

Auch diese letzte Reihe stimmt mit den übrigen wenigstens insoweit, als nach der ersten Exposition noch kein Überwiegen der Rotbesuche stattfand.

Ich glaube unter Verweisung auf die vorstehenden Zalenreihen zur Begründung meiner Anschauung über den Einfluss der Ortserinnerung nichts weiter mehr beifügen zu müssen und möchte höchstens noch auf den Umstand aufmerksam machen, dass unter den von der Vertauschung weiter abliegenden Beobachtungen (sagen wir von der 4. an) nirgends, sowie dies anfangs constant ist, eine Präferenz des Blau oder auch nur eine Gleichheit zu notieren war.

D. Abänderung der Versuche in Bezug auf den Expositionsraum und die Expositionszeit. Was zunächst den Expositionsraum betrifft, so ist klar, dass insbesondere die relative Grösse desselben (d. i. sein Verhältnis zum Volum der Versuchstiere) das Reactionsergebnis sehr beeinflussen kann, und zwar in der Weise, dass im allgemeinen bei trägen Tieren die Vergrösserung des Raumes den Reactionsunterschied kleiner, dagegen bei sehr agilen Tieren denselben grösser macht. Insbesondere hat man auf das letztere Verhältnis sehr zu achten. Gibt man z. B. auch einem wilden Sperling, er bekanntlich einen grossen Bewegungstrieb hat, einen ebenso einem Meerschweinchen oder einem anderen

relativ trägen aber verhältnismässig grösseren Tier, so wird unter sonst gleichen Umständen der Reactionsunterschied bei ersterem gleichwol verhältnismässig kleiner als beim letzteren sein. Setzen wir nämlich z. B. den Fall, der Sperling ziehe entschieden, wie das auch wirklich so ist, den blau belichteten Teil des Exp.-Raumes dem rotbelichteten vor, so dürfen wir doch nicht erwarten, dass der Unterschied in der Frequenz sehr gross sein wird; denn ist dem Tier auch die blaue Abteilung weit lieber als die rote, so kommt es doch sehr häufig auch in die letztere und zwar einfach aus dem Grunde, weil es gewohnt ist, ab und zu wenigstens grössere Evolutionen zu machen, als sie ihm die blaue Abteilung auszuführen gestattet. Das Verhältnis ist hier im Wesentlichen, um einen naheliegenden Vergleich in Bezug auf eine andere Sinnessphäre zu machen, genau dasselbe wie in dem Falle, wenn wir bei sehr strenger Kälte das geheizte Zimmer verlassen, um uns in der freien Luft die gewohnte Bewegung zu verschaffen.

Dass überhaupt und besonders unter den letztgenannten Umständen eine Abänderung der Versuche in Bezug auf den Expositionsraum manches Interesse bietet, brauch' ich wol nicht weiter auszuführen, es genügt daran zu erinnern, dass wir bei entsprechender Einrichtung solcher Experimente ein Mass für die Berechnung des Einflusses einerseits der Grösse des Raumes und andererseits des Bewegungstriebes erhalten können. [1])

Auf einen Umstand muss ich hier noch besonders aufmerksam machen. Es ist der, dass aus ökonomischen Gründen die Expositionsräume für die grösseren Tiere relativ viel beschränkter sind als jene für die kleineren und dass also in Folge dessen die Reactionsdifferenzen der letzteren im allgemeinen, soweit es sich nämlich um relativ regsame Tiere handelt, viel grösser als bei den ersteren ausfallen. Dies ist auch der Hauptgrund, warum die Reactionszalen verschieden grosser Tiere strenge genommen gar nicht unter einander verglichen werden können.

Ebenso wie der Expositionsraum muss begreiflicherweise auch die Expositionszeit den Lebensgewohnheiten der Versuchstiere angepasst werden, denn es ist ja klar, dass ein verhältnismässig träges

---

[1]) Anmerkungsweise will ich noch beifügen, dass bei derartigen Experimenten, wie selbstverständlich, die Expositionsräumlichkeiten die gleiche Gestalt haben müssen. Am meisten empfieht sich natürlich die kubische Form. Hätten meine Gefässe und Kästen eine solche, so würde ich bei den einzelnen Beobachtungen unmittelbar das Volum derselben angeben.

Tier, wie etwa eine Schnecke oder Kröte länger braucht, um aus einer Abteilung in eine andere zu kommen, als ein lebhafteres Geschöpf, wie etwa eine Libelle oder ein Vogel.

Im allgemeinen ist es hiebei natürlich Sache der Erfahrung von Fall zu Fall die für unsere Zwecke passendste Dauer der Exposition auszumitteln. Leider können aus naheliegenden Gründen bei Beobachtungen, die, wie die unserigen sich auf so viele Tiere erstrecken, nicht immer, wie dies strenge genommen erforderlich wäre, die Expositionstermine genau eingehalten oder auch nur bestimmt werden.

Unter allen Umständen hat man aber, sollen die Resultate nicht auch von dieser Seite fehlerhaft werden, darauf zu achten, dass die Expositionsdauer bei einer grösseren Versuchsmenge so lange ausgedehnt wird, als überhaupt noch Tiere aus dem einen Versuchslicht in das andere gehen, und ist hier überhaupt ein, Zuviel immer besser als ein Zuwenig.

Bei Tieren von mittelgrosser Beweglichkeit wäre es dann, genau so wie Betreff des Raumes, interessant vergleichende Beobachtungen bei verschiedener Expositionsdauer zu machen. Dies könnte etwa in der Weise geschehen, dass man constatierte, wie viele Procente der ganzen Versuchsmenge nach der ersten Zeiteinheit (etwa 1—5 Minuten), nach der zweiten u. s. f. aus einem Licht in ein anderes sich begeben.

Auf diese Art würden wir nämlich ein Mass für die Reactionsgeschwindigkeit erhalten, die sich unter den gegebenen Verhältnissen auf andere Weise wol kaum eruieren lässt.

Ich selbst bin leider bisher wegen Verfolgung anderer Fragen nicht dazu gekommen, in dieser Richtung ausgedehntere Versuche anzustellen.

5. Messung der relativen Intensität der Licht-Reactionen.

Die Grundlage für die Reactionsmessung sind natürlich, wenn wir aus guten Gründen das Geschwindigkeitsmoment ganz ausseracht lassen, die Zalen, welche angeben, wie viele Individuen in den einzelnen Vergleichslichtern vorgefunden, resp. bei Anwendung eines Individuums, wie oft dieselben besucht werden.

Diese Zalen nenne ich Frequenzzalen (F). Der Unterschied zweier solcher Zalen, sagen wir $F_{rot} - F_{blau}$ ist der Frequenzunterschied. Ich bezeichne ihn künftig auch als Reactionsdifferenz (Rd). Da die Zal der Versuchsindividuen eine sehr wechselnde ist, ist selbstverständlich auch die Reactionsdifferenz eine sehr verschie-

dene und darum ist es angezeigt, das Reactionsergebnis in einer von der Zal der Versuchstiere unabhängigen Weise also durch das Verhältnis der Frequenzzalen auszudrücken. Den betreffenden Quotienten bezeichne ich als Reactionsquotient.

Dort, wo die Resultate der Einzelbeobachtungen nicht im Detail zur Mitteilung kommen, sondern nur der mittlere Reactionsquotient angegeben wird, ist es, um doch wenigstens ein beiläufiges Bild der ganzen Reactionsbewegung zu erhalten, wünschenswert zu erfahren, wie oft in der ganzen Reihe (von n Beobachtungen) das eine Licht dem andern vorgezogen wurde oder mit andern Worten, wie oft in der einen Abteilung mehr Besucher als in der andern waren. Die Zal, die dies ausdrückt, nenne ich die Präferenzzal (P). Behufs der Vergleichung der Präferenz-Zalen wäre es angezeigt sie in Procenten der Zal der Beobachtungen auszudrücken. [1])

Eine nähere Erläuterung erfordert nun noch die etwas complicierte Methode, nach der ich aus den einzelnen für je zwei Vergleichslichter erhaltenen Reactionswerten die relative Attraction für die ganze in Betracht kommende Reihe diverser Lichter resp. Farben bestimmte.

Nehmen wir hiezu gleich ein concretes Beispiel, u. zw. die Farbenreaction der Nesselraupe.

Ich schicke zunächst voraus, dass ich hier sowie in den meisten Fällen zuerst das Rot mit den einzelnen übrigen Farben verglich, wobei aus naheliegendem Grunde, zumal bei einem blossen Orientierungsversuch, zu allererst Blau an die Reihe kam.

Für Rot-Blau und ebenso für Rot-Gelb, Rot-Grün etc. machte ich hier, nach dem schon entwickelten Princip des übermerklichen Unterschiedes zwei Versuchsreihen, nämlich erstens hell-Rot—dunkel-Blau (resp. d. Gelb, d. Grün etc.) und zweitens mit dunkel-Rot—hell-Blau (resp. h. gelb, h. grün etc.) Das Reactionsverhältnis für hell-Rot—dunkel-Blau ist (Mittel aus 10 Beobacht.), wenn die Frequenz für Rot aus später einleuchtendem Grunde auf 1 reduciert wird, 1 : 24

---

[1]) Wenn der mittlere Frequenzunterschied bei ungleichen Wallichtern nur klein ist, muss ein Controlversuch mit gleichen Lichtern entscheiden, ob derselbe wirklich als Ausdruck einer Reaction gedeutet werden darf. Offenbar ist dies nur dann erlaubt, wenn die Frequenzdifferenz bei ungleichen Lichtern entschieden grösser als jene bei gleichen Lichtern ist.

jenes für dunkel-Rot—hell-Blau 1 : 10, d. h. in beiden Fällen wurde Blau mehrmals stärker als Rot besucht.

Aus diesen zwei Verhältnissen nehme ich nun zunächst — und dasselbe geschieht in den übrigen Fällen — das Mittel also $\left(\frac{1}{24} + \frac{1}{10}\right) : 2 = \frac{1}{14}$ und zwar aus dem Grunde, weil, bei gleicher Helligkeit von Rot und Blau, der (wahre) Reactionsquotient offenbar kleiner als 24 und grösser als 10 ist. Ich brauche aber bezüglich dieses Verfahrens wol nicht eigens zu sagen, dass man damit wegen der mangelhaften Helligkeitsbestimmungen und auch aus andern Gründen keineswegs genau das richtige Verhältnis bekommt, sondern sich nur demselben mehr oder weniger nähert [1]).

---

[1]) Da jede photokinetische Reaction im allgemeinen teils eine Wirkung oder Function der Helligkeit, teils eine solche der Lichtqualität oder der Farbe ist, so ist von selbst einleuchtend, dass das angegebene Verfahren nur dort am Platze ist, wo der Helligkeits-Factor gegenüber dem Farben-Factor relativ sehr klein ist, oder wo die Helligkeitsverhältnisse in beiden Parallelversuchen nahezu übereinstimmen. Speciell in jenen Fällen aber, in denen der Helligkeitsfactor relativ gross ist, kann unter gewissen, freilich nur selten zutreffenden Voraussetzungen der Farbenfactor auf anderem Wege bestimmt werden, und will ich auch dieses Verfahren gleich an einem concreten Beispiel erläutern.

Werden Tritonen einerseits gewöhnlichem weissen, andererseits 3·4mal dunklerem weissen Licht ausgesetzt, so wird letzteres (nach meinen bisherigen Versuchen) 2·7mal stärker als ersteres besucht. Der Helligkeitsfactor ist also hier für die bezeichnete Helligkeit (eigentlich Dunkelheit) 2·7. Werden ferner dieselben Tiere einerseits dunkelm Gelb $\left(\frac{1}{J} = 30\right)$, andererseits hellem Grün $\left(\frac{1}{J} = 15\right)$ ausgesetzt, so ist die Frequenz des ersteren 5·7mal grösser als die des letzteren. Unter der Voraussetzung, dass der Triton auf Helligkeitsdifferenzen der genannten Farben ebenso stark wie auf jene beim weissen Licht reagiert, kann nun zunächst für das genannte Helligkeitsverhältnis der Reactions-Helligkeits-Factor berechnet werden, nach der Proportion:

$$Rh_{gelb} : Rh_{weiss} = H_{gelb} : H_{weiss}$$

worin Rh die bezüglichen Reactions-Helligkeits-Factoren und H die Helligkeits-(Dunkelheits-) Werte bedeuten; oder, wenn wir die obigen Zalen einsetzen

$$Rh_{gelb} : 2{\cdot}7 = \frac{30}{15} : 3{\cdot}4$$

woraus sich $Rh_{gelb} \doteq 1.6$ ergibt.

Da nun der allgemeine Reactionswert für Gelb (contra Grün) 5·7 ist, ergibt sich nach Abzug des Helligkeitsfactors (1·6) für die Qualitäts-Reaction die Zal 4·1, resp. durch Division die Grösse des Qualitäts-Factors selbst

$$5{\cdot}7 : 1{\cdot}6 = 3{\cdot}5.$$

Das Ergebnis zeichne ich nun in der nach dem Spectrum geordneten Farbenreihe auf, wie folgt:

Rot	Gelb	Grün	Blau
1			14

In ähnlicher Weise bestimme ich nun auch das Verhältnis zwischen Rot-Gelb und Rot-Grün, wobei ich abermals die Frequenz resp. die Attraction des Rot auf 1 reduciere. Ersteres ist 1 : 0·5, letzteres 1 : 0·8. Dadurch vervollständigt sich nun die obige Reihe in nachstehender Weise:

Rot	Gelb	Grün	Blau
1	0·5	0·8	14

Da dieses Verhältnis in der Regel am genauesten untersucht wurde, bezeichne ich es als Hauptverhältnis, dem ich die folgenden als Nebenverhältnisse gegenüberstelle. Wie man sieht, ist hier die Vorliebe für das Blau weitaus am stärksten, während zwischen der Frequenz der übrigen Farben kaum ein nennenswerter Unterschied besteht.

Es kommen nun (nach dem Schema pag. 53) weiter die Vergleichungen Gelb-Grün und Gelb-Blau (abermals hell und dunkel). Die betreffenden Verhältnisse richte ich nun so ein, dass Gelb so gross wie in der Hauptreihe also 0·5 ist. Man erhält dann (bei unserem Tier) für Grün 0·6 und für Blau 2·8.

In analoger Weise berechne ich dann endlich noch das letzte Grundverhältnis, nämlich Grün-Blau, wobei ich für letzteres, wenn Grün abermals gleich dem letzten Grün, nämlich gleich 0·6 gesetzt wird, 6·0 bekomme.

Der gesammte Verhältniscomplex (wobei aber von vielen beobachteten Beziehungen z. B. Rot-Purpur, Blau mit und ohne Ultrav., Rot-Weiss etc. etc. vorläufig ganz abgesehen wird) stellt sich dann wie folgt:

	Rot	Gelb	Grün	Blau
Hauptverhältnis:	1	0·5	0·8	14·0
1. Nebenverhältnis:		0·5	0·6	2·8
2. „			0·6	6·0

Wie man sieht, stimmen die zwei Nebenverhältnisse mit dem Hauptverhältnis wenigstens insoferne überein, als die Frequenz von Gelb und Grün beidemale ziemlich gleich ist, während Blau in allen drei Verhältnissen weitaus die stärkste Frequenz aufweist.

In dem Fall können wir somit Blau als absolute Lieblingsfarbe bezeichnen.

Ein höchst wichtiger Umstand ist nun aber der, dass Blau beim Vergleich mit Rot eine viel grössere Frequenz (14) als beim Vergleich mit Gelb und mit Grün (2·8 und 6·0) ergibt. Da, wie die Einsichtnahme in die später folgenden Detailaufzeichnungen lehrt, diese ganze Differenz keineswegs auf Beobachtungsfehler oder auf gewisse Zufälligkeiten zurückzuführen ist, so müssen wir annehmen, dass hier der Unterschied zwischen Blau und Rot ganz anders, d. h. stärker als jener zwischen Blau und Grün und Blau und Gelb gefühlt wird, trotzdem, dass Rot, Gelb und Grün, untereinander verglichen, anscheinend gleich wirken.

Es kommt aber, wie ich seinerzeit nachweisen werde, nicht nur vor, dass wie hier, zwischen der relativen Wirksamkeit der einzelnen Farben, je nach deren Zusammenstellung gradweise Unterschiede bestehen, nicht selten begegnen wir auch dem Fall, dass z. B. Blau im Vergleich zu Rot, wie im obigen Fall, anziehend, dagegen im Vergleich mit dem sonst (d. h. z. B. gegenüber dem Rot) gleichfalls gemiedenen Gelb oder Grün abstossend wirkt, dass also mit einem Wort ein totaler Umschlag der Reaction eintritt.

In diesem Falle kann dann selbstverständlich auch nicht mehr von einer absoluten, sondern nur von einer relativen Lieblingsfarbe oder Maximalattraction die Rede sein.

III. Abschnitt.

Specielle Darstellung der Untersuchungen.

Säugetiere.

Sus europea.

Zwei junge Individuen. Grosser Kasten, je 2 Abteilungen. Beobachtung im geheizten Zimmer bei ca. 13° R. Meist sehr intensives Licht. Expositionszeit ca. 8 Minuten. Vertauschung der Lichter nach je 10 Beobachtungen.

Helligkeitsgefühl.

Bei weissem Licht.

	Zal d. Beob.	Präferenz d. Weiss	Weiss	Schwarz		Hell	w. Hell
	10	5	9	11		(1)	(3)
	10	1	15	5	10 B.	15	5
	10	5	11	9	10 „	14	6
	10	7	16	4	10 „	12	8
	10	9	19	1			
Summe	50	27	**70**	**30**	30 B.	**41**	**19**

Da die Zal der das Hell besuchenden Tiere mehr als doppelt so gross war als jene der Dunkel-Besucher, kann es wol kaum zweifelhaft sein, dass das Schwein ein helleliebendes oder phengophiles Tier ist.

Die Verhältnisse sind

1) $$\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

2) $$\text{Weiss}\ \frac{\text{Hell}}{\text{w. Hell}}\ \left(\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Helligkeitsgefühl

beim farbigen Licht.

Rot.

I.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Hell	Hell (Nr. 7 / 9)[1]	Dunkel (Nr. 8 / 81)
10	4	9	11
10	1	5	15
16	4	15	17
36	9	**29**	**43**

II.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Hell	Hell (Nr. 7 / 9)	Dunkel (Nr. 8 / 243)
10	7	16	4
10	3	8	12
14	8	19	9
34	18	**43**	**25**

Obwol der Intensitätsunterschied zwischen dem Hell-Rot und Dunkel-Rot in I. viel grösser ist als oben zwischen Weiss und gedämpftem Weiss [2]), ist hier gleichwol eine Präferenz des Dunkel vorhanden. Erst bei der (rechtsstehenden) Versuchsreihe II. (mit noch grösserer Helligkeitsdifferenz) erscheint wieder Hell vorgezogen.

Zal d. Beob.	Grün. Hell (Nr. 31 / 6)	Grün. Dunkel (Nr. 31 / 18)[3]	Blau. Hell (Nr. 39 / 30)	Blau. Dunkel (Nr. 39 / 90)	Purpur. Hell (Nr. 49 / 7)	Purpur. Dunkel (Nr. 49 / 21)
10	17	3	14	6	14	6
10	14	6	11	9	12	8
8	12	4	8	8	7	9
28	**43**	**13**	**33**	**23**	**33**	**23**

Trotzdem bei den vorstehenden drei Vergleichungsreihen das als dunkel bezeichnete Licht nur dreimal weniger intensiv wie das als hell bezeichnete war, ist doch, wie man sieht, der Frequenzunterschied ein sehr bedeutender und zwar ein ziemlich constanter.

Speciell die in Rede stehenden Beobachtungen weisen darauf hin, dass das Schwein im allgemeinen gegen Helligkeitsdifferenzen ganz ausserordentlich empfindlich ist; ob aber mehr bei farbigem als bei

---

[1]) Die obere Zal (Nr. 7) bezeichnet die Nr. des lichtabsorbierenden Mediums in der Bestimmungstabelle pag. 50, die untere (9) den reciproken Wert der Lichtintensität (wie vielmal die Intensität eines Lichtes durch das betreffende Medium geschwächt wird).

[2]) Man beachte diesfalls noch, dass, wenn die Fenster beider Abteilungen mit farbigen Gläsern versehen sind, die minder helle Kammer unter sonst gleichen Umständen noch dunkler wie in jenen Fällen ist, wo durch das eine Fenster ungeschwächtes Weiss einfällt.

[3]) Die Helligkeitsabschwächung geschieht dort, wo sich das gleiche Nr. wiederholt, mit weissem Seidenpapier.

weissem, bedarf noch genauerer Untersuchung, die wol auch ein gewisses praktisches Interesse erlangen könnte. Nach obigem Ergebnis wären Intensitätsdifferenzen beim Grün relativ am meisten wirksam.

Die Verhältnisse sind:

I. Rot $\frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}} \left(\frac{1}{27}\right) = \frac{1}{0{\cdot}6}$.

II. Grün $\frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}} \left(\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{0{\cdot}3}$.

III. Blau $\frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}} \left(\frac{1}{30}\right) = \frac{1}{0{\cdot}7}$.

IV. Purpur $\frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}} \left(\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{0{\cdot}7}$.

Farbengefühl

Rot-Blau mit Ultraviolet.

								Summe
Zal d. Beobachtungen	10	10	10	10	10	10	. . .	181
Präferenz d. Blau	8	7	4	5	3	4	. . .	91
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	2	3	9	8	11	8	. . .	**132**
Dunkel-Blau (mit ultrav.) $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	18	17	11	12	9	12	. . .	**230**

Obwol das Schwein bekanntlich hellliebend ist, wurde dennoch das dunkle Blau dem hellen Rot vorgezogen, und beachte man diesfalls nicht nur den bedeutenden Frequenzunterschied sondern auch den Umstand, dass, zwei einzige Fälle ausgenommen, die Blau-Frequenz constant grösser als die Rot-Frequenz war.

Bemerkenswert ist in dieser Beziehung auch die Präferenzzal (91), welche ca. halb so gross, wie die Gesammtzal der Beobachtungen (181) ist, während, wenn das Schwein gegen die erwähnten Lichter gleichgiltig wäre, die Majorität der Besucher (d. i. hier 2!) erst jedes drittemal auf Blau käme, da ja die möglichen Fälle 0, 1 und 2 sind.

Das Reactions- (Frequenz-) Verhältnis ist, wenn wir nach dem früher erörterten Verfahren die Rot-Frequenz = 1 setzen:

1) $\frac{\text{Hell-Rot}}{\text{Dunkel-Blau (mit ultrav.)}} = \frac{1}{1{\cdot}7}$.

Zal d. Beobachtungen	10	10	10	Summe: 30 B.
Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 9}}{729}\right)$	6	9	6	**21**
Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 49}}{30}\right)$	14	11	14	**39**

2) $\dfrac{\text{Dunkel-Rot}}{\text{Hell-Blau (m. ultrav.)}} = \dfrac{1}{1{\cdot}8}$.

Die Vergleichung beider Verhältnisse lehrt, dass hier der Intensitätsunterschied wenig Einfluss hat, die Qualität also allein den Ausschlag gibt.

Das Mittel ist:

3) $\dfrac{\text{Rot}}{\text{Blau}} = \dfrac{1}{1{\cdot}8}$ [1].

Rot-Gelb.

Zal d. Beob.	Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Gelb (Nr. 18 / 12)	Zal d. Beob.	Dunkel-Rot (Nr. 7 / 9)	Hell-Gelb (Nr. 18 / 4)
10	6	14	20	23	17
10	5	15	20	26	14
15	13	17	20	19	21
			.	.	.
25 B.	**24**	**46**	131 B.	**122**	**140**

Wie man sieht, wird Gelb zwar nicht sehr constant, aber doch entschieden dem Rot vorgezogen, mag es nun (innerhalb gewisser Grenzen!) heller oder dunkler wie letzteres sein.

Das Mittel aus beiden Reihen ergibt:

4) $\dfrac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \dfrac{1}{1{\cdot}3}$.

Rot-Grün.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Rot	Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Grün (Nr. 32 / 34)	Präferenz d. Rot	Dunkel-Rot (Nr. 8 / 81)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)
10	7	16	4	4	11	9
10	8	16	4	6	13	7
10	4	11	9	9	19	1
10	6	16	4	5	14	6
15	7	16	14	8	19	11
55	32	**75**	**35**	32	**76**	**34**

[1]) Das Mittel-Verhältnis kann selbstverständlich auch direct aus den Frequenzzalen berechnet werden nach der Formel $\left(\dfrac{F}{F'} + \dfrac{f}{f'}\right) : 2 = \dfrac{F\,f' + F'\,f}{2\,F'\,f'}$ worin F, F' die Frequenzsummen des einen, f f' jene des zweiten Verhältnisses bedeuten.

Handelt es sich, wie ich gleich hier bemerken will, um die Berechnung des Mittelverhältnisses aus mehreren auf die gleichen Lichter bezüglichen Beobachtungsreihen, so geschieht dies natürlich einfach durch Addition der zusammengehörigen Frequenzsummen nach der Formel $\dfrac{F + f}{F' + f'}$.

Diese beiden Rot-Grün-Reihen lassen an Deutlichkeit wol nichts zu wünschen übrig. In gar allen Fällen ohne Ausnahme wurde Rot dem Grün vorgezogen, mochte es nun heller oder dunkler wie dieses sein. Ferner erkennt man sogleich, dass die Präferenz des Rot (32) relativ sehr stark ist, da sie mehr als die Hälfte der Gesammtbeobachtungen (55) ausmacht.

Zur weiteren Bestätigung der Rot-Vorliebe contra Grün dient noch nachstehende dritte Reihe, in der der Helligkeitsunterschied zwischen den Vergleichslichtern verhältnismässig kleiner als bei den andern zwei Reihen ist.

				Summe
Zal d. Beob.	10	10	8	28
Präferenz d. Rot	6	7	4	17
Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 7}{9}\right)$	14	16	10	**40**
Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 31}{6}\right)$	6	4	6	**16**

Die Übereinstimmung mit dem früheren Rot-Grün-Verhältnis ist in der Tat eine sehr weit gehende.

Bilden wir aus den drei Reihen das Mittelverhältnis nach der Formel: $\left(\frac{75 + 76 + 40}{3} : \frac{35 + 34 + 16}{3}\right)$,

so erhalten wir

$$5)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Da, wie oben gezeigt wurde, unseren Tieren das Blau viel angenehmer wie das Rot ist, erscheint es a priori auffallend, dass dann das nächstbenachbarte Grün so auffallend (contra Rot) geflohen wird.

Gelb-Grün.

	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 18}{4}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 31}{6}\right)$		Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 18}{12}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 31}{6}\right)$
10 B.	8	12	10 B.	7	13
10 „	6	14	10 „	6	14
13 „	10	16	10 „	11	9
33 B.	**24**	**42**	30 B.	**24**	**36**

Wie man sieht, ist die stärkere Anziehung beidemale (und zwar ziemlich constant) auf Seite des Grün.

Das Mittel ist:

$$6)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1{\cdot}6}.$$

Dies Resultat ist, wie ich schon hier bemerken will, insoferne auffallend, als bei der Vergleichung von Gelb und Grün mit Rot das Grün die schwächere Anziehung als das Gelb ausübt.

Gelb-Blau

	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 18}}{4}\right)$	Dunkel-Blau m. ult. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$		Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 18}}{40}\right)$	Hell-Blau m. ult. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
15 B.	29	1	10 B.	11	9
15 „	15	15	10 „	4	16
15 „	22	8	10 „	1	19
15 „	18	12			
60 B.	**84**	**36**	30 B.	**16**	**44**

Hier ist es unverkennbar, dass die Helligkeit den Ausschlag gibt, beziehungsweise dass unsere Tiere gegen die Differenz Gelb-Blau relativ wenig empfindlich sind.

Das Mittelverhältnis ist:

$$7)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. u.-v.}} = \frac{1}{0{\cdot}8}.$$

Es kommt nun die Vergleichung Grün-Blau, wobei zur Vereinfachung des Verfahrens beide Farben möglichst gleichhell genommen wurden.

	10 B.	10 B.	10 B.	10 B.	10 B.	Summe: 50 B.
Grün $\left(\frac{\text{Nr. 32}}{34}\right)$	13	14	15	10	16	**68**
Blau m. ultrav. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	7	6	5	10	4	**32**

Da Grün, trotzdem es ein wenig dunkler als Blau war, auffallend und zwar ziemlich constant stärker als Blau besucht wurde, unterliegt es wol keinem Zweifel, dass es den Tieren wirklich viel angenehmer wie letzteres ist. — Wird wieder Grün = 1 gesetzt, so ist das Verhältnis:

$$8)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. u.-v.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Stellen wir nun die erhaltenen 6 Grundverhältnisse (Nr. 3—8) in der früher angegebenen Weise zusammen, so bekommen wir folgenden Ausdruck:

Rot	Gelb	Grün	Blau m. ultrav.
1·0	1·3	0·4	1·8
	1·3	2·1	1·0
		2·1	1·0

Daraus ersehen wir vor allem, dass es für das Schwein keine absolute Lieblingsfarbe gibt; denn wenn auch beim Vergleich mit Rot weitaus das Blau vorgezogen wird, so zeigt die zweite und dritte horiz. Reihe, dass sowol beim Vergleich mit Gelb als beim Vergleich mit Blau weitaus das Grün die stärkste Anziehung ausübt.

Weiter machte ich dann eine lange Reihe Beobachtungen nach der. Mehr-Farben-Methode, wobei ich bemerken muss, dass die Lage der gewälten vier Vergleichslichter immer dieselbe blieb.

	Rot (Nr. 8 / 81)	Gelb (Nr. 19 / 9)	Grün (Nr. 32 / 34)	Blau m. ultr. (Nr. 49 / 40)
10 B.	0	3	9	8
10 „	0	5	8	7
10 „	2	5	7	6
10 „	1	13	5	1
10 „	0	8	7	5
10 „	2	3	5	10
10 „	1	10	8	1
17 „	1	16	11	6
87 B.	**7**	**63**	**60**	**44**

Dies Ergebnis harmoniert insoferne mit dem früheren, als daraus bei entsprechender Berücksichtigung der Helligkeitsverhältnisse eine unverkennbare Vorliebe für Blau und insbesondere für Grün hervorgeht.

Was die hohe Ziffer des Gelb betrifft (63), so kommt ein Teil jedenfalls auf Rechnung der Helligkeit, da das betreffende Licht weitaus das intensivste war. Umgekehrt verhält es sich mit der geringen Frequenz des Rot. Dass letztere aber nicht allein durch die Dunkelheit desselben bedingt ist, lehren die früheren Helligkeitsversuche, welche selbst für weit grössere Differenzen (Weiss-Schwarz) bei weitem nicht so beträchtliche Frequenzunterschiede ergeben. Rot erscheint demnach als solches dem Schwein als Unlust-Farbe.

Zuletzt machte ich noch zalreiche Beobachtungen über das Verhalten des Schweines zum Ultraviolet und zw. in der Weise, dass ich einerseits ultravioletloses [1]), andererseits ultraviolethältiges Weiss von entsprechender Helligkeit einwirken liess.

---

[1]) In Ermanglung der nötigen Quantität von Schwefelkohlenstoff und der zu dessen Aufnahme notwendigen grossen Cuvetten bediente ich mich entsprechender Tafeln aus weissem Glas, die ich mit einer dünnen Schichte von in Firniss fein zerriebenem Kaliumbichromat überzog. Das durchgehende Licht hat nur einen ganz schwachen Stich ins Gelbliche und enthält alle sichtbaren Stralen bis ans äusserste Violet-Ende (40·5 W. L.).

	I.			II.	
	Hell-Weiss m. ultrav. (1)	Dunkel-Weiss o. ultrav. (1·2)		Dunkel-Weiss m. ultrav. (3)	Hell-Weiss o. ultrav. (1·2)
Je 10 B.	15	5		12	8
	17	3		8	12
	15	5		6	14
				.	.
				.	.
30 B.	**47**	**13**	90 B.	**87**	**93**

Da in beiden Reihen das hellere Licht stärker frequentiert ist, so möchte man zunächst glauben, dass der qualitative Unterschied hier gar nicht oder doch nur sehr wenig fühlbar sei. Erwägen wir aber, dass in der ersten Reihe bei einer verhältnismässig geringen Helligkeitsdifferenz (1—1·2) der Reactionsquotient $\left(\frac{47}{13}\right)$ vielmal grösser wie in der zweiten Reihe bei weit stärkerem Helligkeitsunterschied (3—1·2) ist, so ist es wol im höchsten Grade wahrscheinlich, dass das eigentliche Weiss dem ultraviolettlosen Weiss vorgezogen wird, resp. dass das Schwein wirklich ultravioletempfindlich ist.

Das Mittelverhältnis ist:

$$9)\quad \frac{\text{Weiss m. ultrav.}}{\text{Weiss o. ultrav.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Hund.

In Bezug auf dieses Tier muss ich vor allem die Bemerkung vorausschicken, dass man nur einzelne Individuen findet, welche wenigstens auf grössere Helligkeits- und Farbenunterschiede deutlich reagieren, während andere sich vollkommen indifferent verhalten.

Aus nahe liegenden Gründen teile ich im Folgenden nur die Beobachtungen bei jenen Tieren mit, bei denen ich, wenigstens zum Teile, positive Resultate erhielt.

Solches war der Fall erstens bei einem Seidenpintsch und zweitens bei einem Pudel, welche Tiere ich künftig mit Nr. 1 und 2 bezeichne. Durchaus negativ blieben hingegen die Resultate bei einem Spitz, ferner bei vier ganz jungen Pintscher-Bastarden, weiters bei einem Vorstehhund und endlich bei einem Rattler.

Was das befolgte Versuchsverfahren anbelangt, so habe ich bloss zu erwähnen, dass die Lichter nach je fünf Beobachtungen vertauscht

wurden und dass ich das Tier jedesmal, wenn es sich etwa, was nicht selten vorkam, niedergelegt hatte, aufjagte. Die räumlichen Bedingungen waren dieselben wie beim Schweine.

Um vor allem zu sehen, welche Frequenzunterschiede bei einer gewissen Zal von Beobachtungen sich unabhängig vom Lichte ergeben können, machte ich zunächst einen Versuch mit zwei gleichen Lichtern.

		Je 5 Beobacht.						
Nr. 1	Weiss (rechts)	3	2	4	2	3	3	**17**
	Weiss (links)	2	3	1	3	2	2	**13**
Nr. 2	Weiss (rechts)	2	3	2	2	3	2	**14**
	Weiss (links)	3	2	3	3	2	3	**16**

Wie man sieht, ist hier der Frequenzunterschied ein ganz unbedeutender, oder mit anderen Worten bei gleicher Belichtung findet man das Versuchstier im allgemeinen fast eben so oft in der einen wie in der andern Abteilung.

Weiss-Schwarz.

	Nr. 1 Weiss	Nr. 1 Schwarz		Nr. 2 Weiss	Nr. 2 Schwarz
Je 5 B.	4	1	Je 5 B.	5	0
	5	0		5	0
	5	0		5	0
	4	1		5	0
	4	1		5	0
	5	0		4	1
30 B.	**27**	**3**	30 B.	**29**	**1**
	1 : 0·1			1 : 0·03	

Unsere Tiere ziehen demnach auf das entschiedenste das Helle dem Dunkeln vor. — Das Verhältnis ist:

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0.08}.$$

Rot-Blau mit Ultrav.

Nr. 1.

	I. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	I. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	II. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 8}}{81}\right)$	II. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 40}}{900}\right)$	III. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	III. s. Dunkel Blau $\left(\frac{\text{Nr. 54}}{1100}\right)$
Je 5 B.	0	5	1	4	2	3
	1	4	0	5	1	4
	0	5	1	4	1	3
	0	5	1	4	4	1
	0	5	1	4	4	1
Je 30 B.	**2**	**28**	**6**	**24**	**15**	**15**

Erwägt man, dass unser Versuchstier ausserordentlich dunkelscheu ist und dass es gleichwol mit Ausnahme von 2 (resp. 6) Fällen stets das lichtschwache Blau aufsuchte, so kann wol nicht daran gezweifelt werden, dass es entschieden blauhold (kyanophil) resp. rothscheu (erythrophob) ist. Zugleich lehrt aber Versuch III, dass bei allzugrosser Dunkelheit der Lieblingsfarbe die Präferenz derselben ihr Ende erreicht.

Rot-Blau mit Ultrav.

Nr. 2.

I.		II.		III.	
Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 40)	Rot (Nr. 7* / 27)[1]	Blau (Nr. 39 / 30)	Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	s. Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)
1	9[2])	0	5	0	5
0	10	0	5	1	4
0	10	3	2	4	1
1	9[3])	1	4	3	2
0	10	2	3	2	3
3	7	2	3	3	2
5	**55**	**8**	**22**	**13**	**17**

Wie man sieht, sind hier die Frequenzverhältnisse ganz ähnliche wie bei Nr. 1 und auf Grund dieser Übereinstimmung darf man wol behaupten, dass der Hund überhaupt ein rotscheues Tier ist.[4])

Das Minimal-Verhältnis (gebildet aus I. Nr. 1 und Nr. 2) ist:

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{12},$$

d. h. auf je 12 Blau-Besuche kommt nur ein einziger Rotbesuch.

Ausser mit Rot-Blau machte ich dann noch zalreiche Versuche mit Grün-Blau, mit Blau o. uv. — Blau m. uv., ferner mit Weiss o. uv. — Weiss m. uv., aber durchaus mit negativem Erfolge.

---

[1]) Nr. 7* = rotes Glas Nr. 7 und weisses Seidenpapier Nr. 3.

[2]) Hier werden je 10 Beobachtungen zusammengenommen.

[3]) Diese und die folgenden Beobachtungen wurden zwei Tage später als die vorausgegangenen gemacht.

[4]) Ich mache noch kurz darauf aufmerksam, dass hier die Farbe der Lieblingsnahrung (Fleisch) keineswegs mit der Lieblingsfarbe übereinstimmt.

K a t z e.

Bezüglich dieses Tieres, von dem ich 6 ausgewachsene Individuen im grossen Kasten hielt, kann ich nur berichten, dass alle meine bisherigen Tag- und Nachtbeobachtungen ein negatives Resultat ergaben. Mochte ich die Katzen sich selbst überlassen, und nur die Lage der Lichter (in kürzeren oder längeren Zwischenpausen) verändern, oder mochte ich sie von Zeit zu Zeit von ihren Ruheplätzen aufscheuchen, sie zeigten sich sowol gegen Helligkeits- als gegen Farbenunterschiede vollkommen gleichgiltig.

Wie wenig bei diesem Tier in Bezug auf die Lichtprüfung zu erwarten ist, mögen folgende Daten lehren.

Als ich zunächst beide Vergleichsabteilungen des Kastens gleichmässig mit Tageslicht beleuchtete, ergab sich (aus 20 Beobachtungen) für die eine Abteilung die Frequenzsumme 33, für die andere 87. Dagegen erhielt ich später für R o t (H = 27) die Frequenz 58, für B l a u (H = 30) 62, und bei einer dritten Versuchsreihe für R o t (H = 27) wieder 58 und für G r ü n (H = 6) detto 62.

Mit einem Wort, der Frequenzunterschied war zeitweilig bei qualitativ und quantitativ vollkommen gleichen (weissen) Lichtern viel grösser als bei ungleich hellen und ungleichfarbigen! —

Kaninchen.

10 Stück halbausgewachsene Tiere des gleichen Wurfes. Grosser Kasten, je 2 Abt. Beobachtung vom 30. Januar bis 10. Februar im geheizten Zimmer; die übrigen Verhältnisse wie oben bei den Ferkeln. Expositionszeit $^1/_4$ Stunde. Jedesmalige Lagewechslung der Lichter.

Obwol bei diesem Tier die Versuchsbedingungen weit günstiger wie beim Schwein und insbesondere beim Hunde waren und die Beobachtungen auch lange genug fortgesetzt wurden, gelang es mir dennoch nicht irgendwelche ganz bestimmte positive Resultate zu erzielen, ausgenommen den gleich zu erwähnenden ersten Versuch mit Weiss-Schwarz.

Derselbe ergab nämlich eine constante Bevorzugung des Schwarz, was übrigens nach der Lebensweise dieses Höhlentieres zu urteilen von vorne herein zu erwarten war.

Das Verhältnis (aus 20 Beobachtungen) war:

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{38}{162} = \frac{1}{4}.$$

Diese bedeutende Differenz liess mich annehmen, dass die Kaninchen auch gegen relativ geringe Helligkeitsunterschiede reagieren

würden, und die erste 20 Ablesungen umfassende Reihe bestätigte dies auch.

Es war nämlich $\frac{\text{Hell}}{\text{3mal weniger Hell}} = \frac{57}{143}$, also immerhin noch ein sehr starker Unterschied.

Ein weiterer Versuch mit denselben Vergleichslichtern, den ich unternahm, nachdem die Tiere vorher 4 Tage im Dunkeln sich selbst überlassen gewesen waren, lehrt uns aber, das selbst auf 20 nahezu übereinstimmende Beobachtungen kein Verlass ist. —

Das Ergebnis von gleichfalls 20 Ablesungen war nämlich:

$$\frac{\text{Hell}}{\text{3m. w. Hell}} = \frac{108}{92},$$

also eine (wenn auch geringe) Präferenz des Mehr-Hell.

Nicht minder zweifelhaft blieben die Versuche mit Farben-Differenzen. Es war (jedesmal 20 Ablesungen):

$$\frac{\text{Hell-Rot}}{\text{Dunkel-Blau}} = \frac{100}{100}, \text{ nach 4 Tagen (30 Beobachtungen)} = \frac{154}{146}$$

$$\text{und } \frac{\text{Hell-Rot}}{\text{Dunkel-Grün}} = \frac{104}{96}.$$

$$2) \ \frac{\text{Rot}}{\underset{\text{m. uv.}}{\text{Blau}}} = \frac{1}{1}.$$

Auf Grund dieser Daten darf wol mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass die Kaninchen im allgemeinen gegen qualitative Lichtunterschiede sehr, ich will nicht sagen ganz, gleichgiltig sind.

Meerschweinchen.

Mit diesem Geschöpf machte ich und zwar genau unter denselben Bedingungen wie beim Schwein je 30 Beobachtungen mit Weiss-Schwarz, dann mit Rot-Blau und mit Rot-Grün, jedoch ohne jedes positive Resultat. Die Tiere liessen sich nämlich absolut nicht dazu bewegen, den Ort, den sie einmal occupiert hatten, wieder zu verlassen, und wenn man sie auch gewaltsam entfernte, so kehrten sie immer wieder zu ihrem anfänglich gewälten Ruhesitz zurück.

Vögel.

Stieglitz.

10 bis 20 Individuen, grosser Kasten, je 1 Abteilung, Exposition ca. 5 Minuten. Lichter jedesmal vertauscht. Beobachtet vom 15. Januar bis Ende Februar im geheizten Zimmer bei meist sehr intensivem Licht.

Der Stieglitz gehört zu jenen Vögeln, mit denen ich, der vorhandenen günstigen Bedingungen wegen, verhältnismässig die meisten Versuche machte. Leider kann ich des beschränkten Raumes halber die überaus zalreichen Beobachtungen nicht alle im Detail wiedergeben, sondern muss mich mit einer mehr summarischen Mitteilung begnügen.

Helligkeitsgefühl.

a) Bei weissem Licht.

		I.			II.	
Zal d. Beob.	Präferenz d. Weiss	Weiss (1)	Schwarz	Präferenz d. Hell	Hell- (1)	w. Hell (3)
5	5	88	12	3	63	37
5	5	81	19	5	72	28
5	5	92	8	4	70	30
5	5	86	14	5	69	31
20 B.	20	**347**	**53**	17	**274**	**126**

Die Frequenz- und namentlich die Präferenzsummen zeigen aufs evidenteste, dass der Stieglitz gegen Helligkeits-Differenzen des weissen Lichtes sehr empfindlich bez. dass derselbe leukophil d. i. weissliebend ist und ferner, dass er auch, wie speciell die Kolumne II. lehrt, eine hohe Helligkeitsstimmung hat; denn sonst würde er nicht das nur wenig gedämpfte Weiss (3) im Vergleich zum ungeschwächten Tageslichte so auffallend fliehen.

Die Verhältnisse sind:

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}15}.$$

$$2)\quad \text{Weiss}\ \frac{\text{Hell}}{\text{w. Hell}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Helligkeitsgefühl.

b) Beim farbigen Licht.

Rot. (Je 17 Tiere.)

Zal d. Beob.	Präferenz d. Hell	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. }7}{9}\right)$	Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. }8}{81}\right)$	Präferenz d. Hell	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. }7}{9}\right)$	s. Dunkel Rot $\left(\frac{\text{Nr. }9}{1561}\right)$
5	5	58	27	5	78	7
5	5	53	32	5	73	12
5	5	61	24	5	70	15
5	5	57	28	5	74	11
5	5	67	18	5	77	8
5	5	59	26	5	72	13
5	5	69	16	5	69	16
35 B.	35	**424**	**171**	35	**513**	**82**

Die Frequenzverhältnisse sind:

$$3)\quad \text{Rot}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{9}\right) = \frac{1}{0{\cdot}4}\text{ [1]}.$$

$$4)\quad \text{Rot}\ \frac{\text{Hell}}{\text{s. Dunkel}}\left(\frac{1}{9 \times 9}\right) = \frac{1}{0{\cdot}16}.$$

Wie man sieht, ist die Empfindlichkeit des Stieglitz gegen Helligkeitsdifferenzen des Rot nicht minder bemerkbar, wie jene bezüglich des weissen Lichtes, und wahrscheinlich sogar etwas grösser.

Besonders interessant ist aber hier die Vergleichung der beiden Reactions- und Helligkeits- (eigentlich Dunkelheits-) Quotienten.

---

[1]) Um zu erfahren, ob diese Reaction wirklich durch die Helligkeit und nicht etwa durch die qualitative Verschiedenheit des hier angewendeten Hell-Rot (Nr. 7) und Dunkel-Rot (Nr. 8 d. i. zwei Lagen von Nr. 7) bedingt ist, machte ich später noch einen Controlversuch in der Weise, dass ich dasselbe Hell-Rot (Nr. 7) mit einem Rot verglich, das dadurch auf $\frac{1}{9}$ der Helligkeit von Nr. 7 gebracht wurde, dass ich zum Hell-Rot-Glas Nr. 7 zwei Bogen weissen Seidenpapiers zulegte.

Das Ergebnis von 20 Beobachtungen war:

Hell-Rot	Dunkel-Rot	Präferenz d. Hell
274	126	19

woraus abermals das Verhältnis $\frac{1}{0{\cdot}4}$ resultiert.

Dieser Quotient ist somit (in diesem Falle) wirklich der Ausdruck für die Helligkeits-Reaction.

Helligkeits- und Reactionsquotient in Gleichung (4) sind nämlich das Quadrat der bezüglichen Grössen in Gleichung (3) oder in Zeichen [1]:

$$r_4 : h_4 = r_3^2 : h_3^2.$$

Gelb. (Je 10 Tiere.)

Zal d. Beob.	Präferenz d. Hell	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 17}}{2{\cdot}1}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 18}}{4{\cdot}4}\right)$	Präferenz d. Hell	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 18}}{4{\cdot}4}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 17}}{6{\cdot}3}\right)$ [2]
5	4	34	16	4	33	17
5	4	34	16	4	32	18
5	5	38	12	5	37	13
5	4	35	15	5	36	14
20 B.	17	**141**	**59**	18	**138**	**62**

Die Verhältnisse sind:

$$5)\quad \text{Gelb}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{1{\cdot}4}\right) = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

$$6)\quad \text{Gelb}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{2{\cdot}1}\right) = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Obwol hier die Helligkeitsdifferenz, namentlich in 5) viel kleiner $\left(\frac{1}{1{\cdot}4}\right)$ als oben bei Rot $\left(\frac{1}{9}\right)$ ist, so ist doch die Reaction resp. die Dunkel-Scheu ebenso wahrnehmbar, im ganzen also vielleicht sogar etwas grösser wie bei Rot.

Vorstehende zwei Untersuchungsreihen sind aber noch, wie ich später zeigen werde, in anderer Beziehung lehrreich.

Blau. (Je 17—20 Tiere.)

Zal d. Beob.	Präferenz d. Hell	I. R. Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	I. R. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 40}}{900}\right)$
5	4	60	40
5	4	60	40
5	2	60	40
5	2	53	47
5	5	65	20
.	.	.	.
50 B.	42	**606**	**304**

[1]) Wäre, was aber durchaus nicht der Fall ist, diese Beziehung eine allgemeine, so liesse sich selbstverständlich der Reactionsquotient für jedes beliebige Helligkeitsverhältnis leicht berechnen, wenn nur die Reaction für einen

	Präferenz d. Hell	II. R. Hell-Blau (Nr. 39 / 30)	Dunkel-Blau (Nr. 41 / 27000)	Zal d. Beob.	Präferenz d. Hell	III. R. Hell-Blau (Nr. 39 / 30)	Dunkel-Blau (Nr. 41*) / 810000)[1]
	3	59	41	10	10	144	26
	5[2]	64	36	10	10	139	31
	4	65	35	10	10	139	31
	4	65	35				
20 B.	16	**253**	**147**	30 B.	30	**422**	**88**

Die Verhälnisse dieser drei Reihen sind:

$$7)\quad \text{Blau}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{30}\right) = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

$$8)\quad \text{Blau}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{900}\right) = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

$$9)\quad \text{Blau}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{27000}\right) = \frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Man beachte, dass bei 7) und 8) mit der quadratischen Vergrösserung des Helligkeitsquotienten $\left(\frac{1}{30}, \frac{1}{900}\right)$ der Reactionswert keineswegs im oberwähnten Verhältnisse zunimmt, sondern sogar etwas kleiner wird und dass erst bei noch weiterer Vergrösserung der Helligkeitsdifferenz (9) eine stärkere Zunahme des Frequenzunterschiedes stattfindet.

Eine Vergleichung der Rot- und Gelb-Quotienten mit jenen von Blau macht es sehr wahrscheinlich, dass letztere bei gleichem Helligkeitsverhältnis im ganzen beträchtlich kleiner sind, d a s s also d e r S t i e g l i t z g e g e n I n t e n s i t ä t s d i f f e r e n z e n d e s b l a u e n L i c h t e s m i n d e r e m p f i n d l i c h a l s f ü r s o l c h e d e s r o t e n o d e r g e l b e n i s t; es darf aber dabei nicht vergessen werden, dass diese Verschiedenheit, (wenn sie nicht etwa ohnehin auf blosse Beobachtungszufälligkeiten zurückzuführen ist) möglicherweise in den qualitativen Differenzen ihre Ursache hat.

---

bestimmten Helligkeitsquotienten bekannt wäre, nach der Formel $r' = \frac{h' . r^2}{h^2}$, worin h . h' und r als bekannt vorauszusetzen sind.

[2]) Mit weissem Seidenpapier.

[1]) Nr. 41* = 4 Lagen Blau Nr. 39.

Farbengefühl.

Rot-Blau (i. e. S.).

Zal d. Beob.	I. Präferenz d. Rot	I. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	I. Dunkel-Blau [1]) i. e. S. $\left(\frac{\text{Nr. 55}}{1500}\right)$	II. Präferenz d. Rot	II. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{81}\right)$	II. Dunkel-Blau i. e. S. $\left(\frac{\text{Nr. 55}}{1500}\right)$
5	1	45	55	3	58	42
5	2	56	44	2	55	45
5	4	63	37	4	65	35
5	5	70	30	1	49	51
20 B.	12	**234**	**166**	10	**227**	**173**

Nach diesem Ergebnis gewinnt es den Anschein, als ob das Rot dem Blau (i. e. S.) vorgezogen würde. Bedenken wir aber, dass hier (speciell in der Reihe I) der Helligkeitsunterschied $\left(\frac{1}{166}\right)$ viel grösser als z. B. im Verhältnis 4) $\left(\frac{1}{81}\right)$ ist und gleichwol der Reactionsunterschied $\left(\frac{234}{166}=\frac{1}{0\cdot7}\right)$ viel kleiner wie dort $\left(\frac{1}{0\cdot16}\right)$ erscheint, so darf man wol erwarten, dass bei gleicher Helligkeit das Blau dem Rot vorgezogen würde.

Dass diese Calculation richtig ist, beweist nun der nachfolgende Versuch, in welchem Rot noch 9mal dunkler als in Reihe II. genommen wurde.

		5 B.	5	5	5	Summe 20 B.
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 7}}{729}\right)$	13	11	15	13	**52**
Dunkel-Blau i. e. S.	$\left(\frac{\text{Nr. 55}}{1500}\right)$	37	39	35	37	**148**

Obwol hier nämlich Blau noch immer beträchtlich dunkler als Rot war, ist doch die Frequenz des ersteren constant mindestens doppelt so gross wie die des Rot. *Der Stieglitz zieht also reines Blau als solches dem Rot vor.*

Das (Minimal)-Verhältnis ist:

$$10)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau i. e. S.}} = \frac{1}{3}.$$

d. h. auf einen Rotbesuch kommen je drei Blau-Visiten.

---

[1]) Blau ohne Violet und Ultraviolet.

Rot—Blau i. w. S.

I. R.		II. R.	
Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)	Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)
6	14	2	18
6	14	7	13
3	17	5	15
4	16	4	16
7	13	6	14
6	14	6	14
4	16	5	15
4	16	1	19
1	19	7	13
9	11	5	15
50	**150**	**48**	**152**

Da hier Blau, obwol es viel dunkler als Rot ist, dennoch und zwar in sämmtlichen 20 Fällen stärker wie letzteres besucht wurde, unterliegt es wol absolut keinem Zweifel, dass dem Stieglitz Blau-Violet-Ultrav. (als solches) viel besser als das Rot gefällt.

Das (Minimal)-Verhältnis ist:

$$11)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. ultrav.}} = \frac{1}{3}.$$

Rot-Gelb.

Da man im allgemeinen bei Rot-Gelb, z. T. gewiss wegen der geringen Homochromatie der in Anwendung kommenden gelben Medien, gar keine oder nur zweifelhafte Reactionen erhält, so widmete ich hier speciell dieser Vergleichung meine besondere Sorgfalt, teils, indem ich überhaupt sehr zahlreiche Beobachtungen machte, teils, indem ich die Helligkeitsverhältnisse so genau als möglich zu bestimmen, und den Umständen anzupassen suchte.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Gelb	I. R. Rot (Nr. 7 / 9)	I. R. Gelb (Nr. 19 / 9)
5	4	30	70
5	5	37	63
5	3	40	60
5	4	39	61
20 B.	16	**146**	**254**
		1 :	1·7

Zal d. Beob.	Präferenz d. Gelb	II. R. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	II. R. Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 19}}{27}\right)$
15	12	134	166
15	14	97	203
15	14	93	207
15	11	127	173
60 B.	51	**451**	**749**
		1 :	1·6

Zal d. Beob.	Präferenz d. Hell	III. R. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	III. R. Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr.19*}}{40}\right)$ [1]
5	4	60	40
5	4	72	28
5	4	62	38
5	4	61	39
20 B.	16	**255**	**145**
		1 :	0 6

Vorstehende drei im ganzen 100 Beobachtungen umfassende Versuchsreihen sind ausserordentlich instructiv. In der ersten Reihe, wo Gelb und Rot nahezu gleich hell sind, sehen wir zunächst, dass ersteres, und zwar ziemlich constant, letzterem vorgezogen wird. Auch in der zweiten Reihe prävaliert noch der Gelb-Besuch, trotzdem dasselbe cca. dreimal dunkler als Rot ist, *der sichere Beweis, dass der Stieglitz das Gelb als solches weit angenehmer als das Rot findet*. Erst in der 3. Reihe, wo Gelb noch dunkler genommen wurde, findet der Umschlag in der Reaction im Sinne der Helligkeit statt.

$$12)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{1{\cdot}7},$$

d. h. es kommen durchschnittlich auf 10 Rot- 17 Gelb-Besuche.

Rot-Grün.

Zal d. Beob.	Präferenz des Grün	I. R. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	I. R. Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 32}}{34}\right)$	Präferenz des Grün	II. R. Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	II. R. Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$	III. R. Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 8}}{81}\right)$	III. R. Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$
5	3	47	53	5	24	76	24	61
5	3	44	56	5	28	72	27	58
5	2	53	47	5	31	69	29	56
5	2	51	49	5	30	70	41	44
20 B.	10	**195**	**205**	20	**113**	**287**	**121**	**219**
		1 :	1·05		1 :	2·6	1 :	1·8

Mit Rücksicht darauf, dass in der ersten Reihe Grün stärker besucht ist als Rot, trotzdem letzteres fast viermal heller ist, darf wol ohne weiteres angenommen werden, dass dem Stieglitz das Grün entschieden angenehmer als das Rot ist. Diese Grün-Vorliebe (contra Rot) ist aber jedenfalls keine grosse. Ziehen wir in Betracht, dass in der zweiten Reihe Rot und Grün fast gleich hell sind, so dürfte

[1]) Nr. 19* fünf Lagen gelbes Glas Nr. 19.

das wahre Rot-Grün-Verhältnis dem betreffenden Werte $\left(\frac{1}{2 \cdot 6}\right)$ näher kommen als dem in der ersten Reihe (1 : 1·05), und können wir annähernd

$$13)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{2} \quad \text{setzen.}$$

Gelb-Grün.

I. R.	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 17}}{2 \cdot 1}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{5 \cdot 8}\right)$	II. R.	Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 18}}{4 \cdot 4}\right)$	Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{5 \cdot 8}\right)$	III. R.	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 19}}{9}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{5 \cdot 8}\right)$
8 B.	88	72	4 B.	50	30	3 B.	19	41
8 „	91	61	4 „	47	33	3 „	22	38
8 „	97	63	4 „	48	32	3 „	17	43
8 „	95	65	4 „	48	32	3 „	18	42
8 „	90	70	4 „	46	34	3 „	24	36
40 B.	**461**	**331**	20 B.	**239**	**161**	15 B.	**100**	**200**
	1 :	0·7		1 :	0·7		1 :	2

Man erkennt sofort, dass die Farbenreaction hier sehr durch die Helligkeitsreaction beeinflusst wird, erstere also jedenfalls nicht sehr stark ist. Da die Helligkeitsquotienten in R. I u. II ungefähr gleich gross (nur entgegengesetzt) sind $\left(\frac{2 \cdot 1}{5 \cdot 8}, \frac{9}{5 \cdot 8}\right)$, so bilde ich aus denselben das Mittelverhältnis in der üblichen Weise. Es ist dann

$$14)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1},$$

d. h. dem Stieglitz sind diese Farben gleichgiltig.

Gelb-Blau i. w. S.

	I. R. Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 17}}{2 \cdot 1}\right)$	Dunkel-Blau i. w. S. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$		II. R. Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 17}}{2 \cdot 1}\right)$	Dunkel-Blau i. w. S. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
	8	12		4	16
	6	14		5	15
	6	14		6	14
	5	15		3	17
	7	13		7	13
	.	.		.	.
	.	.		.	.
	.	.		.	.
10 B.	**69**	**131**	10 B.	**63**	**137**

Trotz der relativ grossen Dunkelheit des Blau wird selbes doch und zwar ganz constant stärker wie Gelb besucht, was eine ausserordentliche Vorliebe für ersteres bekundet.

Das (Minimal)-Verhältnis ist:

$$15)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau}} = \frac{1}{2}.$$

Grün-Blau i. w. S.

I. Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 81}}{6}\right)$	I. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	II. Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$	II. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
4	16	10	10
8	12	7	13
5	15	4	16
7	13	6	14
6	14	6	14
9	11	9	11
4	16	10	10
7	13	8	12
2	18	5	15
9	11	3	17
61	**139**	**68**	**132**

Darnach wird also Blau i. w. S. auch dem Grün in ganz auffallender Weise vorgezogen. Das (Minimal)-Verhältnis ist:

$$16)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau i. w. S.}} = \frac{1}{2{\cdot}2}.$$

Blau i. e. S. — Violet.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Violet	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 56}}{1400}\right)$	Dunkel-Violet $\left(\frac{\text{Nr. 41*}}{810000}\right)$[1]	Zal d. Beob.	Präferenz d. Violet	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 56}}{1400}\right)$	Dunkel-Violet $\left(\frac{\text{Nr. 41*}}{810000}\right)$
4	4	25	55	4	4	31	49
4	4	23	57	4	3	29	51
4	4	24	56	4	4	23	57
4	4	26	54	4	4	15	65
4	4	29	51	4	4	17	63
20 B.	20	**127**	**273**	20 B.	19	**115**	**285**

Da das Violet im Vergleich zum Blau fast schwarz war und dennoch in 40 Fällen 39mal letzterem vorgezogen wurde, so unter-

---

[1]) Nr. 41* vier Lagen dunkelblaue Gläser, die jedenfalls nur äusserst wenig Ultraviolet durchlassen.

liegt es absolut keinem Zweifel, dass der Stieglitz eine ausgesprochene Vorliebe für das stärker gebrochene Blau hat.

Das (Minimal)-Verhältnis ist:

$$17)\quad \frac{\text{Blau i. e. S.}}{\text{Violet}} = \frac{1}{2{\cdot}3}.$$

Blau i. w. S. ohne Ultrav. — Blau i. w. S. mit Ultrav.

I.		II.	
Hell-Blau o. uv.	Dunkel-Blau m. uv.	Dunkel-Blau o. uv.	Hell-Blau m. uv.
(Nr. 57 / 33)	(Nr. 39* / 90)[1]	(Nr. 57 / 33)	(Nr. 39 / 30)
39	11	20	30
39	11	17	33
36	14	22	28
32	18	16	34
146	**54**	**75**	**125**

Aus Reihe I könnte man zunächst schliessen, dass weniger ein Plus oder Minus von Ultraviolet als die Helligkeit ausschlaggebend sei; beachten wir aber, dass in Reihe II das ultraviolethältige Blau constant viel stärker frequentiert ist als das nur sehr wenig dunklere ultravioletlose Blau, so können wir wol nicht zweifeln, dass der Stieglitz ersteres vorzieht.

Das Verhältnis aus Reihe II ist:

$$18)\quad \frac{\text{Blau o. uv.}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}6}.$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

	I.		II.	
	Hell-Weiss o. uv.	Dunkel-Weiss m. uv.	Dunkel-Weiss o. uv.	Hell-Weiss m. uv.
	(Nr. 5* / 1·2)	(Nr. 3 / 3)	(Nr. 5* / 1·2)	(1[2])
5 B.	21	29	12	38
5 „	22	28	11	39
5 „	27	23	16	34
5 „	21	29	15	35
20 B.	**91**	**109**	**54**	**146**

Da das ultraviolethältige Weiss in beiden Fällen und im zweiten ganz auffallend stärker wie das ultravioletfreie besucht wurde,

[1]) Nr. 39* = Nr. 39 mit Nr. 3.

[2]) (1) bedeutet die Helligkeit des ungeschwächten Tageslichtes.

c) **Blau und Purpur.**

									Summe 40 B.
Hell-Purpur $\left(\frac{\text{Nr. } 49}{7{\cdot}4}\right)$	62	40	34	40	33	37	42	39	**327**
Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$	38	60	66	60	67	63	58	61	**473**

Da das Blau, trotzdem es beträchtlich dunkler als das Purpur-Licht ist, mit Ausnahme eines einzigen Falles constant stärker als letzteres frequentiert wurde, so ist erwiesen, dass das Blau als solches dem Purpur vorgezogen wird. Dies war übrigens schon von vorne herein zu erwarten, denn der Purpur hat ja weniger von der Lust- (Blau) und mehr von der Unlust-Farbe (Rot) als das Blau.

Das (Minimal-) Verhältnis ist:

$$20)\quad \frac{\text{Blau i. w. S.}}{\text{Purpur}} = \frac{1}{0{\cdot}7}.$$

d) **Rot und Purpur.**

		5 B.	5	5	5	Summe 20 B.
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. } 7}{9}\right)$	47	57	60	35	**199**
Dunkel-Purpur	$\left(\frac{\text{Nr. } 50}{55}\right)$	53	43	40	65	**201**

Berücksichtigt man die Helligkeit, so ist nicht zu verkennen, dass hier der Purpur und zwar offenbar seines Blau-Gehaltes wegen dem reinen Rot vorgezogen wird.

$$21)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Purpur}} \left(\frac{9}{55}\right) = \frac{1}{1{\cdot}1}.$$

Weiss-Blau.

	Hell-Weiss $\left(1\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$	Dunkel-Weiss $\left(81\right)$[1]	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$
5 B.	42	8	13	37
5 „	42	8	12	38
5 „	39	11	12	38
5 „	39	11	18	32
20 B.	**162**	**38**	**55**	**145**

---

[1]) (81) durch 4 Lagen weissen Seidenpapieres auf $\frac{1}{81}$ gedämpftes Weiss.

Da hier die Helligkeit ausschlaggebend ist, darf angenommen werden, dass dem Stieglitz Weiss und Blau ziemlich gleich angenehm sind, bez. dass ihm Blau gar nicht oder wenigstens nicht viel heller als uns selbst erscheint; im anderen Falle könnte wenigstens zwischen Hell-Weiss und Dunkel-Blau kein so grosser Frequenzunterschied sein.

Als Mittel ergibt sich:

$$22)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Blau}} = \frac{1}{0{\cdot}4}?$$

Rot-Schwarz.

		4 B.	4	4	4	4	Summe 20 B.
Rot	(81)	68	67	61	60	64	**320**
Schwarz		12	13	19	20	16	**80**

Dieser Versuch wurde gemacht, um zu sehen, ob das Rot im Vergleich zu den übrigen Farben etwa deshalb weitaus am meisten gemieden wird, weil es unserem Versuchstier möglicherweise weniger hell als uns resp. schwarz erscheint. Das Ergebnis spricht aber entschieden gegen eine solche Annahme, denn der Reactionsquotient $\left(\frac{80}{320} = \frac{1}{0{\cdot}2}\right)$ ist hier nicht viel kleiner als zwischen Weiss-Schwarz, trotzdem im letzteren Falle der Helligkeitsquotient 81mal grösser ist.

$$23)\quad \frac{\text{Rot (81)}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Sperling (Passer domesticus).

10—12 Individuen. Grosser Kasten, je 1 Abtlg. Beobachtung im geheizten Zimmer (wie beim Stieglitz). Expositionsdauer 3—8 Minuten, jedesmal die Lage der Lichter verändert, und die Tiere durcheinander gejagt.

Helligkeitsgefühl.

a) beim weissen Licht.

	10 B.	10	10	10	10	10	10	10	Summe 80 B
Weiss	78	86	48	61	74	71	76	88	**582**
Schwarz	42	34	72	49	36	39	34	22	**308**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Der Sperling st demnach ein ausgesprochen lichtholder Vogel, aber bei weitem nicht in dem hohen Grade wie der Stieglitz $\left(\frac{1}{0.15}\right)$

Farbengefühl.

Rot-Blau i. w. S.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Blau	I. Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	I. Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)	II. Dunkel-Rot Nr. 8 / 729	II. Hell-Blau (Nr. 39 / 30)
10	9	42	68	17	38
10	8	48	62	18	37
10	8	42	68	25	30
10	10	27	83	16	39
10	9	31	79	10	45
10	8	48	62	14	41
10	6	48	62	10	45
10	4	49	61	17	38
10	5	51	59	29	26
10	8	46	64	23	32
10	7	35	75	.	.
110	82	**467**	**743**	**179**	**371**

Wie der Stieglitz, zieht auch der Sperling (nur in viel geringerem Grade) selbst dunkles Blau dem Rot vor. Das Mittelverhältnis ist

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau i. w. S.}} = \frac{1}{1{\cdot}8}.$$

Rot-Gelb.

	5	5	5	5	5	Summe 25 B.	Verhältnis
Dunkel-Rot (Nr. 7 / 9)	23	19	13	12	5	**72**	1
Hell-Gelb (Nr. 17 / 2·1)	27	31	37	38	45	**178**	2·4

Da die grosse Präferenz das Gelb (2·4) contra Rot (1) nach dem obigen Helligkeits-Quotienten unmöglich auf der grösseren Helligkeit allein beruhen kann, dürfen wir annehmen, dass Gelb als solches dem Rot vorgezogen wird. Zur genaueren Prüfung fehlte mir leider das Material. [1])

Als (Minimal-) Verhältnis nehme ich die Hälfte des obig en Quotienten

[1]) Trotz aller Anstrengung vermochte ich mir nur 15 St. Sperlinge zu verschaffen, die in der Gefangenschaft sehr bald zu Grunde giengen.

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{1{\cdot}2}?$$

Rot-Grün.

								Summe	Verhältnis
Dunkel-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$	2	2	1	1	1	2 ..	**18**	1
Hell-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$	8	8	9	9	9	8 ..	**62**	3·4

Mit Rücksicht auf die geringe Helligkeitsempfindlichkeit und die annähernde Gleichheit der Intensitäten von Rot und Grün darf die starke Präferenz des letzteren wol mit Sicherheit der Qualität zugeschrieben werden. Zum mindesten beträgt die Farbenreaction die Hälfte des gefundenen Grün-Quotienten. Also :

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1{\cdot}7}?$$

Gelb-Blau.

		3 B.	3	3	3	3	3	3	Summe 21 B.
Hell-Gelb	$\left(\frac{\text{Nr. 17}}{2{\cdot}1}\right)$	31	10	18	14	13	15	23	**124**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	5	26	18	22	23	21	13	**128**

Der Versuch spricht für eine entschiedene Blau-Vorliebe, die aber durch die Helligkeitsreaction sehr verdeckt ist.

Als Minimal-Verhältnis können wir annähernd setzen

$$5)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau}} = \frac{1}{1{\cdot}2}.$$

Gelb-Purpur.

		10 B.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	Summe 100 B.
Hell-Gelb	$\left(\frac{\text{Nr. 18}}{4{\cdot}4}\right)$	54	39	41	45	46	55	56	49	47	60	**492**
Dunkelpurp.	$\left(\frac{\text{Nr. 50}}{55}\right)$	66	81	69	65	64	55	54	61	63	50	**628**

(Minimal-)Verhältnis:

$$6)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Purpur}} \quad \frac{1}{1{\cdot}3}?$$

Die unzweifelhafte Vorliebe des Sperlings für den Purpur (contra Gelb) beweist zugleich dessen Blau-Vorliebe, denn die Präferenz des Purpur kann ja nach dem Früheren nicht auf dem Rot-Gehalt desselben beruhen.

Ich trage noch nach, dass der dunkle Purpur in 100 Fällen 66mal dem hellen Gelb vorgezogen wurde.

	Grün-Blau i. w. S.		Purpur-Blau i. w. S.		
	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$		Dunkel-Purpur $\left(\frac{\text{Nr. 50}}{55}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$
5 B.	19	36		14	41
5 "	24	31		28	27
5 "	10	45		12	43
5 "	10	45		29	26
5 "	22	33		10	45
5 "	15	40		18	37
5 "	13	42		9	46
5 "	19	36		16	39
5 "	13	42		8	47
45 B.	**145**	**350**	45 B.	**144**	**351**

Die Columne links sagt uns zunächst, dass Blau in entschiedenster Weise dem Grün vorgezogen wird. Das (Minimal-) Verhältnis ist

$$7)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau i. w. S.}} = \frac{1}{2{\cdot}5}.$$

Nicht minder evident erscheint mir nach Columne rechts die Vorliebe für Blau contra Purpur; denn die Preferenz des ersteren kann bei der grossen Helligkeitsübereinstimmung keineswegs auf die Intensität bezogen werden. Mindestens können wir setzen

$$8)\quad \frac{\text{Purpur}}{\text{Blau i. w. S.}} = \frac{1}{2}.$$

I. Weiss-Rot.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Weiss	Hell-Weiss $\left(\frac{\text{Nr. 3}}{3}\right)$	Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{9}\right)$
10	10	89	11
10	10	85	15
10	10	89	11
10	10	84	16
10	10	79	21
10	10	79	21
10	10	82	18
10	10	89	11
10	10	85	15
10	9	85	15
100 B.	99 B.	**846**	**154**
		1 :	0·18

II. Weiss-Grün.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Weiss	Hell-Weiss $\left(\frac{\text{Nr. } 3}{3}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 31}{5{\cdot}8}\right)$
5	5	42	13
5	5	44	11
5	5	43	12
5	5	49	6
5	5	37	18
5	5	35	20
5	5	49	6
5	4	38	17
5	5	40	15
5	5	44	11
50 B.	49	**421**	**129**
		1 :	0·3

III. Weiss-Blau i. w. S.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Blau	Hell-Weiss $\left(\frac{\text{Nr. } 3}{3}\right)$	Dunkel-Blau i. w. S. $\left(\frac{\text{Nr. } 39}{39}\right)$
7	2	46	31
7	6	32	45
7	7	20	57
7	5	23	54
7	5	37	40
7	4	28	49
7	3	38	39
7	6	36	41
7	6	30	47
7	7	25	52
70 B.	51	**315**	**455**
		1 :	1·4

Vorstehende drei Versuchsreihen sind in mehrfacher Beziehung sehr lehrreich.

Vor allem halte man sich gegenwärtig, dass die auffallende Präferenz des Weiss contra Rot (in 100 Fällen wurde Rot nur ein einzigesmal vorgezogen!) nicht durch das Helligkeitsverhältnis allein bedingt sein kann, denn der Reactions-Quotient Weiss-Schwarz (pag 93) beträgt ja nur $\frac{1}{0{\cdot}5}$ und hier ist die Intensität des Weiss von jener des Rot nur um ein Geringes verschieden.

Es ist somit — daran ist absolut nicht zu zweifeln — dem Sperling Weiss als solches viel angenehmer als Rot.

In der Reihe II — Weiss-Grün — ist, wie man sieht, die Weiss-Präferenz eine viel kleinere, wenn auch eine ganz constante (unter 50 Fällen 49 Weiss!) Dies zeigt offenbar, was wir schon oben erfahren haben, dass das Grün dem Sperling weit weniger widerwärtig wie das Rot ist.

Von ganz besonderem Interesse ist aber das Ergebnis der Versuchsreihe III — Weiss-Blau —.

Obwol hier das farbige Licht (i. e. Blau) viel dunkler ist als in den zwei früheren Fällen, tritt hier dennoch ein Umschlag in der Reaction ein, d. h. es wird das Blau trotz seiner ungünstigen Intensität dem Weiss vorgezogen, u. z. in 70 Fällen nicht weniger als 51mal.

Erwägen wir, dass Weiss mehr Ultraviolet als das hier in Anwendung kommende blaue Licht hat, so ist klar, dass die Vorliebe

für letzteres nicht — wie man vielleicht im Hinblick auf die Ergebnisse beim Stieglitz glauben könnte, im Ultraviolet ihren Grund hat, sondern dass es das sichtbare oder eigentliche Blau ist, das unserem Vogel unter allen geprüften Lichtern weitaus am besten gefällt.

$$9)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Rot}} \left(\frac{3}{9}\right) = \frac{1}{0{\cdot}18}.$$

$$10)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Grün}} \left(\frac{3}{6}\right) = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

$$11)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Blau i. w. S.}} \left(\frac{3}{30}\right) = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau (i. w. S.)
1	1·2?	1·7?	1·8
	1·2	—	1·4
		1·7	3·2

Gimpel (Pyrrhula vulgaris Briss).

Je 6 Individuen; die übrigen Beobachtungsbedingungen wie beim Stieglitz.

Helligkeitsgefühl.

a) Beim weissen Licht.

Zal d. B.	Präferenz d. Schw.	Weiss	Schwarz	Zal d. B.	Präf. d. Dunkel	Hell- (1)	w. Hell (Nr. 3 / 3)
10	8	20	40	10	4	28	32
10	8	17	43	10	4	26	34
10	10	11	49	10	5	24	36
30 B.	26	**48**	**132**	30 B.	13	**78**	**102**

Der Versuch Weiss-Schwarz beweist, dass der Gimpel überhaupt ein lichtscheuer Vogel ist und der andere — Hell-Wenigerhell —, dass er gegen Helligkeitsdifferenzen ziemlich empfindlich ist und eine niedrige Lichtstimmung besitzt.

Die Verhältnisse sind

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{2{\cdot}7}.$$

$$2)\quad \text{Weiss} \frac{\text{Hell}}{\text{w. Hell}} \left(\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{1{\cdot}3}.$$

Farbengefühl.

Rot-Blau i. w. S.

Zal d Beob.	Präferenz d. Blau	Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)
10	9	16	44
10	5	26	34
10	7	23	37
10	6	27	33
10	5	29	31
10	6	22	38
10	6	22	38
70 B.	44	**165**	**255**
		1 :	1·5

Zal d. Beob.	Präferenz d. Blau	Dunkel-Rot (Nr. 9 / 2187)	Hell-Blau (Nr. 39 / 30)
10	4	28	32
10	5	28	32
10	3	31	29
10	3	24	36
10	5	28	32
10	8	18	42
10	6	23	37
70 B.	34	**180**	**240**
		1 :	1·3

Darnach ist es höchst wahrscheinlich, dass auch der Gimpel gleich dem Sperling und Stieglitz das Blau dem Rot vorzieht.

Das Mittelverhältnis ist

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau i. w. S.}} = \frac{1}{1\cdot 4}.$$

Rot-Grün.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Grün	Dunkel-Rot (Nr. 7 / 9)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)
10	6	24	36
10	6	22	38
10	7	21	39
10	5	24	36
10	7	19	41
50	31	**110**	**190**
		1 :	1·7

Zal d. Beob.	Präferenz d. Grün	s. Dunkel-Rot (Nr 9 / 2187)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)
10	5	24	36
10	9	15	45
10	9	13	47
10	9	8	52
10	10	9	51
50	42	**69**	**231**
		1 :	3·5

Da der Gimpel, wie oben nachgewiesen wurde, der geringeren Intensität (zunächst allerdings nur beim weissen Licht) nachgeht, und hier dennoch in beiden Versuchen das helle Grün weit stärker als das dunkle Rot besucht wurde, so ist es klar, dass das Tier contra Rot grünliebend ist. Höchst auffallend erscheint es nur, dass die Reaction in der zweiten Reihe grösser als in der ersten ist. [1])

[1]) Leider gingen mir die Tiere zu Grunde, ehe ich das Helligkeitsgefühl bei Grün prüfen konnte; es scheint fast, dass hier Hell vorgezogen wird.

Als Grundverhältnis nehme ich die Werte der ersten Reihe, weil hier Rot und Grün ziemlich gleich hell sind

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1\cdot 7}.$$

Grün-Blau i. w. S.

Zal d. Beob.	Präf. d. Grün	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
10	9	46	14
10	7	42	18
10	7	38	22
30 B.	23	**126**	**54**
		1 :	0·4

	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 33}}{200}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
10	29	31
10	33	27
10	27	33
30 B.	**89**	**91**
	1 :	1

Nach diesem Resultat muss angenommen werden, dass der Gimpel mehr Grün- als Blau-Freund ist; auffallend ist wieder die stärkere Frequenz des Hell-Grün contra Dunkel-Grün.

Als Verhältnis nehme ich das Mittel

$$5)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau i. w. S.}} = \frac{1}{0\cdot 6}.$$

Blau i. w. S. — Blau i. e. S.

Zal d. Beob.	Präferenz d. Blau i. w. S.	Hell-Blau i. w. S. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	Dunkel-Blau i. e. S. $\left(\frac{\text{Nr. 55}}{1500}\right)$
10	8	44	16
10	9	50	10
10	7	38	22
30 B.	24	**132**	**48**

Zal d. Beob.	Präferenz d. Blau i. w. S.	Hell-Blau i. w. S. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{90}\right)$	Dunkel-Blau i. e. S. $\left(\frac{\text{Nr. 55}}{1500}\right)$
10	8	45	15
10	7	42	18
10	8	41	19
30 B.	23	**128**	**52**

Darnach wäre dem Gimpel, wenn er wirklich lichtscheu ist, das ultraviolet- resp. violethältige Blau bedeutend angenehmer wie das reine Blau.

$$6)\quad \frac{\text{Blau i. e. S.}}{\text{Blau-Viol.-Ultrav.}} = \frac{1}{2\cdot 5}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Grün	Blau i. e. S.	Blau i. w. S.
1	1·7	—	1·4
	1·7	—	1·0
		1	2·5

Rabe (Corvus corax L.).

Da ich zufällig in den Besitz eines solchen Tieres kam, unterliess ich es nicht mit demselben einige Vorversuche anzustellen, deren Ergebnisse, so mangelhaft sie auch sind, mir doch der Mitteilung wert erscheinen. Der Rabe befand sich im grossen Kasten mit je zwei Abteilungen für eine Lichtart. Die Beobachtung geschah circa alle 5 Minuten (im geheizten Zimmer) und wurden jedesmal die Lichter verwechselt.

Weiss-Schwarz.

Bei 40 Abzälungen war der Rabe 7mal im Weiss und 33mal im Dunkeln; dies scheint mir für eine entschiedene Dunkel-Vorliebe zu sprechen.

$$1) \quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{4{\cdot}7}.$$

Im gleichen Sinne reagierte das Tier auch bei den folgenden Versuchen.

Rot-Schwarz.

Der Rabe befand sich 26mal im Schwarz und nur 3mal im Rot.

$$2) \quad \frac{\text{Rot (9)}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{9}.$$

Blau-Schwarz.

17mal im Schwarz, 3mal im Blau.

Darnach ist es wol sehr wahrscheinlich, dass der Rabe unter sonst gleichen Umständen im allgemeinen überhaupt das Dunkel dem Hell vorzieht.

Rot-Blau i. w. S.

		Je 10 Beob.								Summe 80 B.
Hell-Rot	(Nr. 7 / 9)	9	8	7	9	7	7	4	7	**58**
Dunkel-Blau	(Nr. 39 / 30)	1	2	3	1	3	3	6	3	**22**

Da der Rabe trotz seiner ausgesprochenen Lichtscheu das helle Rot weit öfter wie das dunkle Blau besuchte, darf er wol als blauscheu bezeichnet werden.

$$3) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Die Blauscheu oder Kyanophobie zeigt sich aber nicht allein dem Rot sondern auch dem Gelb gegenüber, indem letzteres bei 28

Beobachtungen, trotzdem es 15mal heller wie das Blau war, 19mal, dieses jedoch nur 9mal besucht wurde

$$4)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Rot	Grün	Blau i. w. S.
1	0·5	0·4

Taube (Columba domestica L.).

Obwol ich von diesem Tiere eine grössere Anzal Individuen zur Beobachtung (im grossen Kasten) verwendete, ergaben sich doch selbst bei den grössten Lichtdifferenzen keine nennenswerten Frequenzunterschiede und ich stellte in Folge dessen die Versuche sehr bald ein.

Weiss-Schwarz.

Je 9 Tiere.											Summe
Weiss	6	4	3	6	5	3	4	5	6	2	**44**
Schwarz	3	5	6	3	4	6	5	4	3	7	**46**

Darnach scheinen die Tauben gegen quantitave Lichtunterschiede völlig gleichgiltig zu sein.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1}.$$

	Rot-Blau		Rot-Grün.		Grün-Blau.	
	Dunkel-Rot	Hell-Blau	Dunkel-Rot	Hell-Grün	Hell-Grün	Dunkel-Blau
	(Nr. 9 / .729)	(Nr. 39 / 30)	(Nr. 7 / 9)	(Nr. 31 / 6)	(Nr. 32 / 6·8)	(Nr. 39 / 30)
5 B.	25	30	23	22	23	22
5 „	29	26	23	22	22	23
5 „	32	23	25	20	19	26
5 „	17	38	21	24	23	22
5 „	36	19	22	23	24	21
5 „	23	32	21	24	24	21
30 B.	**162**	**138**	**135**	**135**	**135**	**135**

Diese Versuche machen es, wie mich dünkt, wol im höchsten Grade wahrscheinlich, dass sich die domesticierten Tauben **auch gegen qualitative Lichtunterschiede ganz oder doch fast ganz indifferent verhalten.**

Inka-Kakadu [1] (Plictolophus erythropterus).

Mit diesem schönen Papagei machte ich zalreiche Versuche, die aber nur teilweise ein positives Resultat ergaben.

Der Vogel zeigt vor allem eine ungewöhnlich grosse Dunkel-Scheu, insoferne er bei 30 Beobachtungen nicht ein einzigesmal in der verfinsterten Abteilung gefunden wurde. Seine hohe Helligkeitsstimmung documentiert sich aber besonders beim Versuch einerseits mit gewöhnlichem, andererseits mit nur schwach gedämpftem Tageslicht, indem letzteres bei abermals 30 Beobachtungen nur 3mal besucht wurde.

Dagegen zeigten sich bei diversen Farbenvergleichen, wie Rot-Blau, Rot-Grün, Rot-Gelb etc. so geringe Frequenz-Unterschiede, dass man wol behaupten kann, dass der Kakadu (natürlich gilt dies zunächstnur von dem in Rede stehenden Individuum!) gegen Farbendifferenzen sehr gleichgiltig ist.

Perlhuhn (Numida meleagris L.).

Gleich dem Haushuhn reagiert auch das Perlhuhn nur auf grössere Helligkeitsunterschiede (wenigstens beim weissen Licht), nicht aber auf qualitative Lichtdifferenzen.

Die erhaltenen Frequenzverhältnisse sind:

$$1)\ \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{42}{18},\quad 2)\ \frac{\text{Rot}}{\text{Blau}} = \frac{58}{62},\quad 3)\ \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{31}{29},$$

$$4)\ \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{33}{27}.$$

Reptilien.

Eidechse. [2]

Je 6 bis 20 Individuen. Blechkasten, je 2 Abteilungen. Expositionsdauer 1—2 Stunden, jedesmal die Tiere verteilt und die Lichter vertauscht.

---

[1] Dieser und der folgende Vogel wurde erst nach Abschluss des ganzen Werkes der Untersuchung unterzogen, und konnten daher die betreffenden Ergebnisse im allgemeinen Teile nicht mehr berücksichtigt werden.

[2] Von den beobachteten Reptilien gilt dasselbe wie von den letzterwähnten Vögeln.

Helligkeitsgefühl.

Weiss-Schwarz.

	I. (Beob. im Mai.)			II. (Beob. im Juni.)	
	Weiss	Schwarz		Weiss	Schwarz
Je 5 B.	25	13	Je 5 B.	11	59
	4	21		9	61
	6	18		5	60
	3	20		4	61
	6	19		.	.
	15	55		.	.
	8	62		.	.
35 B.	**67**	**208**	20 B.	**29**	**241**

Nach diesen Ergebnissen unterliegt es wol keinem Zweifel, dass die Eidechse ein lichtscheues Tier ist.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{4{\cdot}6}.$$

			Je 3 Beob.				
Weiss	Hell	(1)	27	10	31	26	**94**
	w. Hell	(3)	18	35	14	14	**81**

Der Versuch lehrt, dass unser Tier gegen kleinere Helligkeitsunterschiede sehr gleichgiltig ist.

Farbengefühl.

Rot-Blau m. uv.

	I.			II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. }7}{9}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$		Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. }9}{729}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. }49}{30}\right)$
Mai	12	3	Mai	14	1
	9	6		15	0
	15	0		9	6
	12	3		11	4
Juni	12	3	Juni	12	4
	12	3		10	5
	13	2		11	4
	12	3		15	0
	13	3		12	3
	15	0		13	2
	125	**26**		**122**	**29**

Darnach ist es evident, dass die Eidechse ein hochgradig blauscheues, resp. rotholdes Tier ist.

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}2},$$

d. h. auf je 10 Rot-Besuche kommen durchschnittlich nur je 2 Blau-Frequenzen.

Rot-Grün.

	Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Grün (Nr. 32 / 34)		Dunkel-Rot (Nr. 8 / 81)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)
Je 3 B.	17	13	Je 3 B.	27	13
	18	12		30	10
	12	18		36	4
	20	10		20	20
	21	21		.	.
	17	25		.	.
	16	26		.	.
	20	21		.	.
	141	**146**		**113**	**47**
	1 :	1		1 :	0·4

Vorstehende Zalen lehren zunächst, dass beim Vergleich Rot-Grün die Helligkeit den Ausschlag gibt, indem das Plus der Besuche beidemale auf das dunklere Licht kommt.

Die relativ geringe Präferenz des Dunkel-Grün gegenüber dem Hell-Rot macht es aber sehr wahrscheinlich, dass Rot auch contra Grün Lieblingsfarbe ist.

Das Mittelverhältnis ist

$$4) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Grün-Blau m. uv.

		Je 2 Beob.						
Hell-Grün	(Nr. 24 / 15)	27	29	25	25	24	23	**153**
Dunkel-Blau	(Nr. 8 / 60)	3	1	5	5	6	7	**27**

Da die Eidechse bekanntlich phengophob ist, so ist die auffallende Bevorzugung des Hell-Grün contra Dunkel-Blau wol auf Rechnung der Qualität zu setzen.

Minimalverhältnis:

$$5) \quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}2},$$

d. h. auf je 10 Grün- kommen nur je 2 Blau-Besuche.

Amphibien.

Triton cristatus Laur.

Meist eine grössere Anzal, und zwar (wo nicht das Gegenteil bemerkt ist) ausgewachsener Individuen. Blechkasten ca. 2 cm. hoch mit Wasser, in der Regel 2 Abteilungen. Beobachtung meist jede Viertelstunde. Jedesmal Verteilung der Tiere; dieselben werden herausgenommen und wird dann wieder in jede Kammer eine gleiche Menge eingesetzt. Zeit der Beobachtung vom Mai bis October. Temperatur 12—18° R. — Wegen der meist grösseren Zal der Versuchsobjecte teile ich die Beobachtungen meist in Extenso mit.

Helligkeitsgefühl

beim weissen Licht.

										Summe
26. Mai	Weiss	0	0	0	0	0	0	1	0	**1**
	Schwarz	20	20	20	20	20	20	19	20	**159**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{159}.$$

Wie man sieht, ist der Triton ganz ausserordentlich lichtscheu und sei noch extra bemerkt, dass sich die Tiere meist in den allerdunkelsten Winkel des Kastens flüchten, dass es sich hier also nicht etwa bloss um eine Vorliebe für das Halbdunkel, sondern um eine Präferenz des völligen Schwarz handelt.

												Summe
Weiss Hell $\left(\frac{1}{1{\cdot}7}\right)$	7	3	.	.	8	5	3	4	3	6	9	**94**
Weiss w. Hell	13	17	.	.	12	15	17	16	17	14	11	**146**

Da trotz der relativ geringen Helligkeitsdifferenz der Frequenzunterschied ein sehr grosser ist (und zw. ist die Präferenz des Helleren eine sehr constante), unterliegt es wol keinem Zweifel, dass der Triton ein äusserst feines Helligkeitsgefühl besitzt.

Das Verhältnis ist:

$$2)\ \text{Weiss}\ \frac{\text{Hell}}{\text{w. Hell}} \left(\frac{1}{1{\cdot}7}\right) = \frac{1}{1{\cdot}5}.$$

Eine dritte Versuchsreihe mit einem noch zweimal stärker gedämpften Weiss ergab:

													Summe
Weiss Hell $\left(\frac{1}{3}\right)$	6	3	4	4	6	5	7	4	6	7	5	8	**65**
Weiss w. Hell	14	17	16	16	14	15	13	16	14	13	15	12	**175**

$$3)\ \text{Weiss}\ \frac{\text{Hell}}{\text{w. Hell}} \left(\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{2{\cdot}7}.$$

Innerhalb der bezeichneten Grenze ist somit der Reactionsquotient nahezu dem Verdunkelungs-Quotienten proportional.

Helligkeitsgefühl

beim farbigen Licht.

a) Rot.

		Hell $\left(\frac{\text{Nr. }10}{15}\right)$	Dunkel [1] $\left(\frac{\text{Nr. }11}{225}\right)$	Präferenz d. Dunkel		Hell $\left(\frac{\text{Nr. }10}{15}\right)$	Dunkel [2] $\left(\frac{\text{Nr. }12}{3375}\right)$	Präferenz d. Dunkel
	10 B.	84	116	8	10 B.	85	115	7
	10 „	82	120	7	10 „	64	138	10
Summe	20 B.	**166**	**236**	15	20 B.	**149**	**253**	17

Die Resultate stimmen insoferne mit den früheren, als erstens bei beiden Versuchsreihen und zwar in ganz auffälliger Weise wieder das Dunkel dem Hell vorgezogen wurde und als ferner der Frequenzunterschied mit der Grösse der Helligkeitsdifferenz $\left(\frac{15}{225}, \frac{15}{3375}\right)$ eine merkliche Steigerung erfährt.

Bilden wir die Verhältnisse:

$$4)\ \text{Rot}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\ \left(\frac{15}{225} = \frac{1}{15}\right) = \frac{1}{1\cdot4}$$

$$5)\ \text{Rot}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\ \left(\frac{15}{3375} = \frac{1}{225}\right) = \frac{1}{1\cdot6}$$

und vergleichen sie mit den entsprechenden Weiss-Schwarz-Verhältnissen z. B.

$$3)\ \frac{\text{h. Weiss}}{\text{d. Weiss}}\ \left(\frac{1}{3\cdot4}\right) = \frac{1}{2\cdot7},$$

so stellt es sich heraus, dass der Triton auf relativ geringe Helligkeitsdifferenzen des Weiss (1 : 2·7) viel stärker reagiert als auf verhältnismässig sehr grosse Helligkeitsunterschiede (1 : 15 und 1 : 225) des roten Lichtes, dass also die Feinheit des Helligkeitsgefühles für das weisse Licht grösser als für das rote ist. — Dies wird uns auch begreiflich, wenn wir erfahren werden, dass unsere Tiere ausserordentlich blau-, violet- und besonders ultravioletscheu sind und wenn wir bedenken, dass dunkles Weiss von diesem Unlust-Licht weit weniger als ein intensiveres Weiss enthält.

---

[1]) Das „Dunkel" wurde hier durch Verdopplung und bei [2]) durch Verdreifachung der Dicke der absorbierenden Schichte erzeugt. Bemerkt sei noch, dass, wie Controlversuche lehren, der Reactionsunterschied nur wenig durch die Änderung der Rot-Qualität beeinflusst wird.

Rot-Gelb.

	I. R.		II. R.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	Dunkel-Gelb (Nr. 21 / 10)	Dunkel-Rot (Nr. 11 / 225)	Hell-Gelb (Nr. 20 / 3)
	1	19	19	1
	0	20	19	1
	3	17	18	2
	4	16	17	3
	6	14	18	2
	3	17	15	5
	2	18	20	0
	0	20	12	8
	1	19	13	7
	3	17	12	8
	5	15	14	6
	4	16	17	3
	5	15	20	0
			10	0
Summe 13 B.	**43**	**237**	**234**	**46**

Da hier und zwar ganz constant einerseits das Hell-Rot dem Dunkel-Gelb und andererseits das Hell-Gelb dem Dunkel-Rot vorgezogen wird, ist wol kein Zweifel, dass in diesem Falle z. T. wenigstens die Helligkeit ausschlaggebend ist. — Zur weiteren Controle machte ich dann noch eine Versuchsreihe mit Rot-Gelb von ungefähr gleicher Lichtstärke.

										Summe 14 B.
Rot	(Nr. 6 / 6)	11	15	14	10	16	12	11	14 ..	**253**
Gelb	(Nr. 22 / 5·5)	9	5	6	10	4	8	9	6 ..	**147**

Da hier beide Vergleichslichter in der Tat fast dieselbe Intensität besitzen, können wir die betreffenden Frequenzen wenigstens annähernd als Ausdruck der Farbenreaction betrachten.

Darnach ist

$$5)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{0{\cdot}6}$$

d. h. Rot wird durchschnittlich 10mal, Gelb 6mal aufgesucht.

Rot-Grün.

Ähnlich wie mit Rot-Gelb verhält es sich mit Rot-Grün.

Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 6}{6}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 36}{225}\right)$	Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 11}{225}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 35}{15}\right)$
6	14	10	9
7	13	17	3
14	6	18	2
7	13	10	10
10	10	12	8
2	18	14	6
6	14	17	3
9	11	20	0
7	13	20	0
6	14	17	3
74	**126**	**155**	**44**

Auch hier gibt wieder, wie man sieht, die Helligkeit den Ausschlag, und da die Helligkeitsverhältnisse beidemale ungefähr dieselben sind, bilde ich das Mittelverhältnis in der üblichen Weise. Es ist $\frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \left(\frac{74}{126} + \frac{155}{44}\right) : 2 = \frac{1}{1}$, und mit Berücksichtigung einiger späterer Ergebnisse annähernd

$$6)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}7}$$ [1]

was vielleicht eine ganz geringe Präferenz des Rot bedeutet.

Ich komme nun schliesslich zur Vergleichung von Rot mit Blau-Violet ohne Ultraviolet

										Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr } 6}{6}\right)$	39	37	33	31	29	39	33	33 ..	**514**
Dunkel-Blau ohne ultrav.	$\left(\frac{\text{Nr. } 47}{50}\right)$	1	3	7	9	11	1	7	7 ..	**86**

---

[1]) Dass Grün dem Triton wirklich minder angenehm als Rot ist, ergibt sich auch aus einer langen Versuchsreihe, bei welcher Grün ein wenig dunkler als Rot war.

Das Frequenzverhältnis war $\frac{200}{200}$, während, wenn hier die Helligkeit allein entschiede, Grün etwas stärker als Rot frequentiert sein müsste.

Auch in einer 4. Versuchsreihe, wo Rot zweimal so dunkel als Grün war, sprach der Besuch für eine Präferenz des Rot, insofern nämlich als bei Farbengleichgiltigkeit die Frequenz des Rot (211) gegenüber jener des Grün (189) relativ zu gering wäre.

Wie man sieht, flieht der Triton das ultravioletlose Blau (i. w. S.) (contra Rot) ebenso constant und fast ebenso stark wie das ultravioletthältige und zwar auch dann, wenn, wie hier, seine Intensität an und für sich dem Tier weit angenehmer als die der andern Vergleichsfarbe ist.

Das Verhältnis ist:

$$7) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau o. ultrav.}} = \frac{1}{0{\cdot}16}$$

wobei aber, wie man beachten wolle, die Blau-Zal 0·16 als Minimalwert aufzufassen ist.

Gelb-Grün.

Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 20}}{3}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 25}}{24}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 22}}{30}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$
1	19	16	4
3	17	13	7
3	17	17	3
0	20	18	2
4	16	19	1
7	13	18	2
2	18	17	3
6	14	14	6
7	13	19	1
6	14	19	1
39	**161**	**170**	**30**

Die Beobachtungen zeigen zunächst wieder, dass der Attractionsunterschied zwischen Gelb und Grün bei weitem nicht so gross, wie etwa zwischen Rot und Blau ist, indem die Tiere je nach der ihnen zusagenderen Helligkeit, und zwar, wie zu ersehen, in ganz constanter Weise, die Farbe wechseln. — Bedenken wir aber, dass speciell in der Reihe rechts bei einem Helligkeitsquotient von $\frac{30}{15}$ d. i. 2 der Reactionsquotient $\left(\frac{170}{30} = 5{\cdot}7\right)$ weit grösser ist als bei einem geringeren Helligkeitsquotienten weisser Lichter (sieh Verhältnis 3), so ist es abermals sehr wahrscheinlich, dass die starke Präferenz des Dunkel-Gelb z. T. auf Rechnung der Qualität des Gelb kommt, und unter Zugrundelegung des im methodischen Teil (p. 65) näher erläuterten Berechnungsverfahrens bekommen wir das Verhältnis

$$8) \quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}2}\,?$$

Gelb-Blau m. uv.

13.—14 Juni trüb.	Hell-Gelb $\left(\frac{Nr. 24}{4}\right)$	Dunkel-Blau m. ultr. $\left(\frac{Nr. 39}{50}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{Nr. 26}{68}\right)$	Hell-Blau m. ultrav. $\left(\frac{Nr. 39}{30}\right)$
	11	21	7	23
	26	4	25	5
	27	3	29	1
	27	3	28	2
	22	8	23	7
	28	2	27	3
	139	**41**	**139**	**41**

Diese beiden Reihen sind insofern höchst interessant, als sie zeigen, dass bei der Wal zwischen Gelb und Blau ähnlich wie bei Rot und Blau der bei andern Farbenzusammenstellungen so bedeutende Helligkeitseinfluss durch die ganz enorme Blau-Scheu aufgehoben wird.

Das (ausnahmsweise ganz genau berechenbare) Mittelverhältnis ist hier:

$$9)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. ultrav.}} = \frac{1}{0{\cdot}2}$$

wonach aus naheliegenden Gründen der oben für Gelb-Grün erhaltene Quotient $\left(\frac{1}{0{\cdot}2}\right)$ offenbar zu gross erscheint.

Gelb-Blau o. uv.

					Summe
Hell-Gelb	$\left(\frac{Nr. 24}{4}\right)$	33	33	40	**106**
Dunkel-Blau ohne ultrav.	$\left(\frac{Nr. 47}{30}\right)$	7	7	0	**14**

Gelb wird also nicht nur (unter für dessen Präferenz sehr ungünstigen Intensitätsverhältnissen) dem ultraviolethältigen, sondern auch dem ultravioletlosen Blau, und zwar mindestens ebenso stark vorgezogen.

Der (Minimal)-Quotient ist:

$$10)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau o. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}15}$$

Grün-Blau m. uv.

											9 B.
14.–15. Juni je 2 Abth.	Hell-Grün $\left(\frac{Nr. 35}{15}\right)$	I. R.	18	13	13	16	15	12	. .		**125**
	Dunkel-Blau m. ultrav. $\left(\frac{Nr. 40}{900}\right)$		2	7	7	4	5	8	. .		**55**

													Summe
Hell-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. } 35}{15}\right)$	II. R.	15	13	12	20	19	17	14	17	18	19	**164**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 40}{900}\right)$		5	7	8	0	1	3	6	3	2	1	**36**

Erwägt man, dass das Grün ca. 60mal heller also in Bezug auf die Intensität günstiger wie das Blau war, und dass gleichwol bei 19 Beobachtungen ersteres 17mal und zwar im ganzen sehr stark vorgezogen wurde, so ist es wol klar, dass den Tritonen Grün in der Tat weit angenehmer als ultraviolethältiges Blau ist.

Das Verhältnis ist:

$$11)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Grün-Blau o. uv.

									Summe 9 B.
20.—21. Juni g. h.	Hell-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. } 35}{15}\right)$	36	36	35	34	32	. .	**314**
	Dunkel-Blau ohne ultrav.	$\left(\frac{\text{Nr. } 47}{50}\right)$	4	4	5	6	8	. .	**46**

Die Zalen sprechen für sich. Grün wird ultravioletlosem Blau ebenso stark, ja scheinbar noch stärker wie ultraviolethältigem Blau vorgezogen.

Der (offenbar wieder als minimal zu betrachtende) Quotient ist:

$$12)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau o. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}13}.$$

Wenn ich sagte, dass ultravioletfreies Blau nur scheinbar stärker (contra Grün) als ultraviolethältiges geflohen wird, so stütze ich mich dabei auf die Ergebnisse der folgenden Experimente.

Blau o. uv. — Blau m. uv.

										Summe
5. Juni g. h.	Hell-Blau (i. e. S.) o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. } 42}{2320}\right)$	18	20	20	19	18	20	. .	**181**
	Dunkel-Blau-Violet m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. } 41}{8000}\right)$	2	0	0	1	2	0	. .	**19**

Wie man aus dieser wichtigen Vergleichung ersieht, wird das ultravioletfreie Blau, trotzdem es relativ hell ist, dem ultraviolethältigen fast ebenso stark wie die Lieblingsfarbe Rot-Gelb vorgezogen, oder mit andern Worten: das Ultraviolet resp. das äusserste Violet ist unseren Tieren weitaus die unangenehmste Lichtgattung.

Ein ähnliches Resultat ergaben auch nachfolgende Versuchsreihen:

				Summe 9 B.
17. Juni. I. R.	Hell-Blau-Viol.	$\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$	13 18 19 17 18 19 . .	**156**
	Dunkel-Blau-Viol.-Ultr.	$\left(\frac{\text{Nr. }40}{1600}\right)$	7 2 1 3 2 1 . .	**24**
				9 B.
18. Juni. II. R.	Hell-Blau-Viol.	$\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$	16 18 16 14 12 17 . .	**145**
	Dunkel-Blau-Viol.-Ultr.	$\left(\frac{\text{Nr. }40}{1600}\right)$	4 7 4 6 8 3 . .	**35**

Aus allen diesen Beobachtungen (unter denen nicht eine einzige Präferenz des ultraviolethältigen Blau vorkommt) ergibt sich der Minimal-Quotient

$$13)\quad \frac{\text{Blau o. uv.}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}16},$$

d. h. unter 100 Tieren suchen durchschnittlich nur 16 das ultraviolethältige Blau auf, während alle übrigen 84 das ultravioletlose Blau frequentieren.

Der Triton ist aber nicht nur im höchsten Grad gegen Blau-Unterschiede empfindlich, die sich auf das Ultraviolet resp. Violet beziehen, er reagiert auch, wie die nachstehenden Versuche lehren, gegen Unterschiede in Bezug auf ein Mehr oder Weniger von schwächer brechbarem Blau resp. Grünblau.

	I. R. 28. Juni.			II. R. 30. Juni.	
	Hell-Grünblau-Blau-Viol.	Dunkel-Blau-Viol.		Hell-Grünblau-Blau-Viol.	Dunkel-Blau-Viol.
	$\left(\frac{\text{Nr. }46}{60}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. }49}{1600}\right)$		$\left(\frac{\text{Nr. }46}{60}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. }44}{1600}\right)$
	(51—41) [1]	(47 - 41)		(51—41)	(47—41)
	16	4		14	6
	7	13		6	14
	15	5		15	5
	8	12		13	7
	.	.		.	.
	.	.		.	.
	7	13		14	6
	10	10		14	6
	13	7		15	5
	12	8		14	6
13 B.	**142**	**118**	13 B.	**143**	**97**

[1]) Bezeichnet hunderttausendtel Millim.-Wellenlänge.

Wie man sieht, ist in beiden Reihen eine zwar nicht grosse, aber doch immerhin bemerkenswerte Präferenz des grünhältigen Blau (contra grünlosem Blau) vorhanden, und ist dieselbe um so höher anzuschlagen, als das betreffende Licht ca. 30mal heller als das letztere ist.

Dass hier die Bevorzugung des ersteren Blau aber wirklich im Grün und nicht etwa darin seinen Grund hat, dass dieses Blau überhaupt mehr gemischt oder unrein wie das andere ist, ergibt sich teils aus den früheren, teils aus den folgenden Versuchen.

Um wieder auf die grosse Ultraviolet-Empfindlichkeit des Triton zurückzukommen, so zeigt sich dieselbe auch in den nachstehenden drei Beobachtungsreihen einerseits mit weissem ultraviolethältigem, andererseits mit weissem ultravioletlosem Licht.

Weiss o. uv. — Weiss m. uv.

I. R.		II. R.		III. R.	
Hell-Weiss o. ultrav.	Dunkel-Weiss m. ultrav.	Hell-Weiss o. ultrav.	Dunkel-Weiss m. ultrav.	Hell-Weiss o. ultrav.	Dunkel-Weiss m. ultrav.
$\left(\frac{\text{Nr. }5}{1\cdot1}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. }1}{1\cdot7}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. }5}{1\cdot1}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. }2}{2\cdot9}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. }5}{1\cdot1}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. }3}{3}\right)$
11	9	12	7	6	14
16	4	16	3	9	11
11	9	10	9	13	7
14	6	12	7	10	10
13	7	12	7	12	8
11	9	11	8	11	9
14	6	10	9	14	6
11	9	13	6	12	8
15	4	12	7	13	7
16	5	14	5	16	4
15	5			11	9
13	7			12	8
12	8			13	7
				10	10
172	**88**	**122**	**68**	**162**	**118**
1 :	0·5	1 :	0·6	1 :	0·7

Obwol bei allen drei Versuchsserien das gewöhnliche (ultraviolethältige) Weiss beträchtlich dunkler und somit insoweit für unsere Tiere angenehmer wie das ultravioletfreie Weiss war, so wurde trotzdem, wie man sieht, letzteres und zwar fast ganz constant ersterem vorgezogen, und beachte man auch die merkwürdige Übereinstimmung der Verhältnisse, welche, da die relative Helligkeit verschieden war $\left(\frac{1\cdot1}{1\cdot7}, \frac{1\cdot1}{2\cdot9}, \frac{1\cdot1}{3}\right)$, dafür Zeugnis ablegt, dass hier die

Reaction vorwiegend nur durch das Plus oder Minus von Ultraviolet bedingt war [1]).

Als Mittelverhältnis nehme ich

$$14)\quad \frac{\text{Weiss o. ultrav.}}{\text{Weiss m. ultrav.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Ich gebe nun die Übersicht der erhaltenen Farbenwal-Resultate,

Rot	Gelb	Grün	Blau-Viol.	Blau-Viol.-Ultrav.
1	0·6	0·7	0·16	0·07
	0·6	0·12	0·08	0·12
		0·12	0·02	0·04
			0·02	**0·003**

Darnach ist zunächst kein Zweifel, dass Rot die absolute Lieblings-, und ultraviolethältiges Blau die absolute Unlust-Farbe des Triton ist.

Auffallend ist nur der Umstand, dass beim Vergleich mit Rot das ultravioletlose, beim Vergleich mit Gelb und Grün dagegen das ultravioletfreie Blau die grösste Abstossung ausübte. Da indess bei der unmittelbaren Zusammenstellung der beiden in Rede stehenden Blau-Arten das ultraviolethältige weitaus stärker gemieden wurde, ist es sehr wahrscheinlich, dass dies auch contra Gelb und Grün der Fall ist und dass die Farbenvorliebe (annähernd nach den fettgedruckten Zalen) von Rot gegen Ultraviolet hin stetig abnimmt.

Zum Schlusse führe ich noch die Ergebnisse der gleichzeitigen Vergleichung aller vier Hauptfarben an, indem ich bemerke, dass die Tiere jedesmal genau verteilt, die Lichter aber in ihrer Lage unverändert gelassen wurden.

11. Juni. Ganz hell.	Rot (Nr. 6 / 6)	Gelb (Nr. 24 / 4)	Grün (Nr. 35 / 15)	Blau m. u. (Nr. 39 / 30)
	13	6	9	12
	12	7	10	11
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	21	7	4	10
	17	8	5	10
	23	3	3	9
	16	7	5	12
	12	4	6	18
	28	5	5	22
12 B.	**175**	**63**	**73**	**189**

[1]) Dass der Helligkeitseinfluss auch hier, wenn auch nur in geringem Grade sich geltend macht, beweist der Umstand, dass die Frequenz des ultraviolethältigen Weiss mit der fortschreitenden Dämpfung desselben je um 0·1 (0·5, 0·6, 0·7) zunimmt.

Diese Zalen sind der sprechendste Beweis dafür, dass hier, wie ich schon im methodischen Teil hervorhob, die Mehr-Farben-Vergleichung unter Umständen zu ganz irrtümlichen Ergebnissen führt.

Während nämlich, was im Hinblick auf die vorausgegangenen Untersuchungen wol als feststehende Tatsache betrachtet werden darf, die Wassersalamander das Blau (selbst wenn es relativ sehr dunkel ist) mehr als alle andere Farben meiden, weist es hier, u. zw. ziemlich constant, die grösste Frequenz (189) auf.

Es entsteht nun aber die Frage, worin denn hier diese auffallende Präferenz des Blau ihre Ursache habe; ich muss aber ganz offen gestehen, dass ich mir die Sache vorläufig absolut nicht einigermassen befriedigend zu erklären vermag. Da, wie man sieht, die beiden Mittel-Lichter gleichmässig sehr schwach, dagegen die End- oder Grenz-Lichter sehr stark besucht sind, wäre die Annahme nicht ganz ungerechtfertigt, dass die Reactionen hier überhaupt weniger durch das Licht als durch die räumlichen Verhältnisse bedingt sind in der Weise nämlich, dass sich die Tiere in beiden Ecken des Kastens zu verbergen suchen und daher der mittlere Teil relativ leer bleibt.

Leider versäumte ich es zur rechten Zeit mir hierüber durch entsprechende Controlversuche (mit anders situierten Lichtern) nähere Aufklärung zu verschaffen und muss also auch diese wichtige Frage der künftigen Forschung überlassen.

Frosch (Rana esculenta L.).[1]

Je 40 ausgewachsene Tiere. Grosser Kasten, je 1 (trockene) Abteilung. Nach jeder Beobachtung (ca. jede Viertelstunde) Tiere in die Mittelstellung (zwischen beiden Abteilungen) gebracht und die Lage der Lichter vertauscht. Beobachtung vom 10. bis 20. October bei ca. 12° R. (meist trüber Himmel).

Nachstehende Beobachtungen bilden, wie ich zum voraus bemerken muss, nur einen Teil der von mir geplanten Untersuchungsreihe, welche leider wegen verschiedener Ursachen frühzeitig abgebrochen

---

[1]) Die wertvollste einschlägige Beobachtung ist unstreitig die von Kühne (Untersuchungen aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg. Bd. I. Heft 2), über die ich leider nur auf Grund der betreffenden Angaben in Grant Allen's Buch berichten kann.

Darnach machte K. seine Beobachtung im Laufe seiner berühmten Untersuchungen über den Sehpurpur. Er fand, dass, wenn eine Anzal Frösche (Rana esculenta und R. temporaria) in einer flachen Schüssel

werden musste. Trotz alledem dürften doch auch diese fragmentarischen Experimente mit Rücksicht auf das, was bisher über den Gegenstand bekannt ist, einiges Interesse verdienen.

Helligkeitsgefühl.

	I. R.		II. R.		III. R.	
	Weiss	Schwarz	Weiss	Schwarz	Weiss	Schwarz
	15	25	17	23	16	24
	11	29	14	26	20	20
	13	27	15	25	14	26
	16	24	13	27	17	23
	12	28	10	24	15	25
	17	23	19	21	17	23
	7	33	17	23	18	22
	13	27	18	22	21	19
	18	22	18	22	18	22
	11	29	19	21	18	22
10 B.	**133**	**267**	**166**	**234**	**174**	**226**
	1 :	2·0	1 :	1·4	1 :	1·3

Wie man sieht, ist die Lichtscheu oder Dunkel-Liebe des Frosches bei weitem nicht so gross wie beim Triton, aber immerhin deutlich ausgesprochen. Man beachte diesfalls vor allem, dass in allen 30 Fällen (zwei ausgenommen) das Schwarz vorgezogen wurde, und ist diese hohe Präferenzzal um so auffallender, als der Frequenzunterschied im ganzen ja ein relativ sehr geringer ist. Auch zeigt der Versuch, dass das Reactions-Verhältnis ein sehr constantes ist, indem die Weiss-Frequenz sich zwischen 11 und 18 und die des Schwarz zwischen 22 und 29 bewegt, und grössere Extreme, wie solche sonst sehr häufig sind, mit Ausnahme eines einzigen Falles (7 : 33) gar nicht vorkamen.

Das Mittel-Verhältnis ist:

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1{\cdot}5}.$$ [1]

---

gehalten werden, deren eine Hälfte mit grünem, die andere mit blauem Glas bedeckt ist, sämmtliche Tiere sich binnen kurzem unter dem grünen zusammenfinden. Wie sich das von den Untersuchungen eines Kühne von selbst versteht, wurde grosse Sorgfalt auf die Vermeidung störender Einflüsse (Ungleichheit der Wärme und Helligkeit) verwendet. Über andere Farben-Vergleiche findet sich am besagten Orte keine Mitteilung.

[1] Es wäre vor allem zu untersuchen, inwieweit sich das Reactionsverhältnis bei diesen Tieren mit der Grösse des Expositionsraumes ändert. Ein etwas kleinerer Raum, als der von mir benützte, dürfte etwas grössere Frequenzunterschiede ergeben.

Farbengefühl.

Rot-Blau mit ultrav.

I. R.		II. R.		III. R	
Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Blau m. ult. (Nr. 39 / 30)	Hell-Rot =	Dunkel-Blau =	Hell-Rot =	Dunkel-Blau =
31	9	22	18	22	18
25	15	27	13	24	16
28	12	25	15	27	13
30	10	29	11	23	17
28	12	22	18	28	12
26	14	**20**	20	24	16
23	17	23	17	21	19
20	20	**19**	21	25	15
18	22	24	16	23	17
25	15	27	13	27	13
254	**146**	**238**	**162**	**244**	**156**

Da Rot, trotzdem es heller als Blau war, in 30 Fällen 26mal stärker als letzteres besucht wurde, unterliegt es wol keinem Zweifel, dass dasselbe dem Frosch, ähnlich wie dem Triton, viel angenehmer als das Blau ist. Der Unterschied ist indess auch hier nur ein relativ geringer (im Vergleich zum Triton). Im übrigen wäre noch die schon früher erwähnte auffallende Constanz der Reaction hervorzuheben.

Als (Minimal)-Verhältnis ergibt sich

$$2) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. ult.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}$$

d. h. es kommen auf 10 Rot- durchschnittlich nur 6 Blau-Besuche.

Von den nächst folgenden Beobachtungen gebe ich, der Kürze wegen, nur die Frequenzverhältnisse von je 10 Ablesungen an.

Rot-Grün.

Zal d. Beobacht.	Präferenz d. Rot	Hell-Rot (Nr. 7 / 9)	Dunkel-Grün (Nr. 32 / 34)	Rot / Grün
10	7	225	175	1·3
10	8	225	175	1·3
10	9	238	162	1·4
10	8	240	160	1·4
10	8	228	172	1·3
50 B.	40	**1156**	**844**	1·3
		1 :	0·7	

Diese Zalen lehren zunächst, dass Rot und zwar selbst unter ungünstigen Helligkeitsverhältnissen dem Frosch angenehmer als Grün ist. Es ergibt sich dies vor allem aus der Präferenzzal, welche uns sagt, dass das Rot in 50 Fällen 40mal dem Blau vorgezogen wurde. Weiters beachte man, dass auch hier das Frequenzverhältnis ein auffallend constantes ist (1·3, 1·4).

	Präferenz d. Rot	Dunkel-Rot (Nr. 7 / 9)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)	Rot / Grün
10	9	229	171	1·3
10	8	221	179	1·2
20 B.	17	**450**	**350**	1·3
		1 :	0·8	

Auch hier ist eine ganz entschiedene Präferenz des Rot erkennbar, die, da die Helligkeitsdifferenz (f. den Frosch) eine ganz verschwindend kleine ist, jedenfalls auf Rechnung der Qualität allein gesetzt werden muss.

Der wahre Reactionsquotient ist jedenfalls wenigstens so gross wie im ersten Verhältnis (Hell-Dunkel), also

$$3)\ \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0·7}.$$

Grün-Blau m. uv.

	I. R. Hell-Grün (Nr. 31 / 6)	I. R. Dunkel-Blau m. u. (Nr. 39 / 30)	II. R. Hell-Grün =	II. R. Dunkel-Blau m. u. =
	26	14	26	14
	23	17	27	13
	27	13	20	20
	28	12	23	17
	25	15	26	14
	29	11	21	19
	24	16	21	19
	22	18	24	16
	25	15	23	17
9 B.	**229**	**131**	**211**	**149**

Demnach verhält sich der Frosch auch gegenüber dem Grün und Blau ähnlich wie der Triton, indem er ersteres und zwar wieder in sehr constanter Weise letzterem vorzieht, trotzdem dasselbe bedeutend dunkler ist.

Fische.[1]

Schmerle (Cobitis barbatula L.).

(Meist) 60 (4 cm. lange) junge Individuen. Kleiner Kasten 4 cm. hoch mit Wasser. Exposition ca. 1/2 Stunde. Jedesmal die Tiere verteilt und die Lichter vertauscht. Beobachtung vom 6. bis 20. Juni.[2])

Helligkeitsgefühl.

a) Beim weissen Licht.

(Je 3 Kasten-Abteilungen.)										Summe
Weiss	24	22	20	22	20	18	22	15	12	**175**
Schwarz	36	38	40	38	40	42	48	45	48	**375**

[1]) Einige Mitteilungen über den Farbengeschmack der Fische findet man u. a. bei Grant. So pag. 114, wo es heisst: „Makrelen und andere Fische werden oft durch rote Lappen gefangen: ein hellrot gemalter Löffel eignet sich vorzüglich zu einem beweglichen Köder. Jedem Angler ist es ferner bekannt, dass u. a. die Forelle zwischen den verschiedenen ihr vorgehaltenen Fliegen zu unterscheiden vermag, sowie dass die natürlichen Farben sorgfältig nachgeahmt werden müssen. Wirklich deuten alle Tatsachen darauf hin, dass Fische nicht nur Farben zu unterscheiden wissen, sondern dass sie auch durch Metall oder andere hellfarbige Gegenstände, sowie durch reine oder intensive Farben angezogen werden. Es scheint nach diesen Beobachtungen ebensowol auf eine gewisse Vorliebe als auf eine bloss neutrale Farbenempfindung geschlossen werden zu dürfen.“ Dazu möcht' ich (vgl. übrigens das Kapitel „Farbengeschmack im freien Naturleben“) Folgendes bemerken. Dass die Fische wirklich Farben unterscheiden können, ist auf Grund der angeführten und gewisser anderer Beobachtungen wol kaum zu bezweifeln; dagegen scheint mir die gewisse Vorliebe für irgend eine bestimmte Farbe durch das Obige noch nicht sicher gestellt. Wenn die Fische z. B. im grünlichen oder bläulichen Wasser einem roten Gegenstand öfter zueilen als etwa einem grünen oder blauen, so erklärt sich dies leicht aus der Contrastwirkung; die Frage, auf deren Lösung es hier ankommt, ist aber die, wie sich Fische verhalten würden, wenn sie die Wal, sagen wir zwischen einem rot und einem grün oder blau belichteten Aufenthalt hätten, oder wenn etwa, und selbstverständlich bei gleicher Helligkeit, ihr Medium rot und der Köder grün oder blau wäre.

Einem später zu erwähnenden Aufsatz von Gust. Jaeger entnehme ich (Kosmos Bd. 1, p. 491), dass Fische sehr lüstern nach roten Insecten (z. B. dem roten Pappelkäfer und den roten auf Weiden lebenden Clythra-Arten) sein sollen; ob aber wirklich der Farbe und nicht anderer Eigenschaften wegen, wird hier nicht gesagt.

[2]) Nach einem Austritt des Pruth sammelte ich in einem Tümpel mehrere hundert Exemplare dieses Fisches, und verwendete meist zu jeder neuen Versuchsreihe frische Tiere.

Da bei sämmtlichen (9) Beobachtungen die Schwarz-Frequenz beträchtlich grösser als die des Weiss war, betracht' ich es als erwiesen, dass die Schmerle, wie dies nach ihrer Lebensweise zu urteilen a priori zu erwarten war, in der Tat das Dunkel dem Hell vorzieht.

$$1) \quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{2{\cdot}1}.$$

Leider versäumte ich das Gefühl für feinere Helligkeitsabstufungen des Weiss zu studieren, mit Rücksicht darauf aber, dass die Tiere in der Regel den allerdunkelsten Teil der (hier sehr langen) Schwarz-Abteilung aufsuchen, darf angenommen werden, dass ihre Helligkeitsstimmung eine sehr niedrige ist. [1])

b) Beim farbigen Licht.

Rot.

(Je 1 Abteilung.)	I. R.		II.		III.	
	Hell-	Dunkel-	Hell-	Dunkel	Hell-	Dunkel-
	$\left(\frac{\text{Nr. 10}}{15}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 11}}{15^2}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 10}}{15}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 12}}{15^3}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 10}}{15}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 12*}}{15^4}\right)$ [2])
	13	7	10	10	9	9
	6	14	11	9	8	10
	9	11	12	8	8	10
	7	13	11	9	10	8
	10	10	8	12	10	8
	6	14	15	5	6	12
	9	11	9	11	10	8
	5	15	11	9	9	8
	4	16	8	12	7	10
	7	13	9	11	10	7
	5	15	7	13	7	10
	8	12			9	8
12 B.	**89**	**151**	**111**	**109**	**103**	**108**
	1 :	1·7	1 :	1	1 :	1

Das Ergebnis dieser drei gleichzeitig und genau unter denselben Umständen gemachten Versuchsreihen scheint mir aus dem gleich zu erörternden Grunde sehr wichtig zu sein.

---

[1]) Mit Bezug auf den Triton, dessen Helligkeitsreactionen weit grössere Zalen aufweisen, sei hier wieder daran erinnert, dass bei den Fischen überhaupt in Folge ihres relativ weit grösseren Bewegungsbedürfnisses der Reactionsquotient beträchtlich herabgedrückt ist.

[2]) Nr. 12* = 4 Lagen Nr. 10.

Mit Rücksicht darauf nämlich, dass unser Fisch beim weissen Licht die Stellen grösster Dunkelheit aufsucht, sollte man von vorn herein erwarten, dass dies auch bei Rot geschehe, dass also das Dunkel der Reihe II (15^3) stärker wie jenes der Reihe I (15^2), und das Dunkel der Reihe III (15^4) noch stärker wie jenes der Reihe II frequentiert würde, oder mit andern Worten, dass die Frequenz mit dem Grade der Dunkelheit (15, 15^2, 15^3, 15^4) zunähme.

In Wirklichkeit findet nun aber, wie man sieht, das gerade Gegenteil statt, indem Dunkel 15^2 eine grössere Frequenz als Dunkel 15^3 und 15^4 aufweist und letztere Lichter, was das Merkwürdigste ist, überhaupt nicht merklich stärker besucht wurden als das relativ helle Vergleichslicht (15).

Unter der in Bezug auf ihre Zulässigkeit freilich erst zu prüfenden Voraussetzung, dass der Minder-Besuch des Dunkel 15^3 und 15^4 gegenüber 15^2 und 15 nicht durch die vorhandenen qualitativen Differenzen [1]) bedingt ist, muss aus dem Obigen offenbar der Schluss gezogen werden, dass die Dunkel-Präferenz beim Rot keine absolute ist, sondern nur für einen gewissen Mittelgrad der Dunkelheit Geltung hat.

Im Anschluss teile ich noch einen Versuch mit den Rot-Lichtern der Reihe II bei Lampenlicht (unter Eliminierung des Wärmeeinflusses) mit.

												Summe 9 B.
Rot	Hell	(15)	14	15	18	13	14	18	16	17	23	**138**
	Dunkel	(15^3)	26	25	22	27	26	22	24	23	37	**232**

Daraus ergibt sich dasselbe Verhältnis wie oben für Reihe I, nämlich:

$$\text{Rot} \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}} = \frac{1}{1\cdot7}.$$

Dies scheint dafür zu sprechen, dass gerade hier der Zufälligkeitsfactor [2]) unter Umständen ziemlich gross sein kann und wäre diesfalls ein Controlversuch mit zwei ganz gleichen Lichtern (am besten ungeschwächtes Weiss) zu machen.

---

[1]) Das hellere Rot lässt mehr Orange als (vgl. die Tabelle) das hier verwendete dunklere Rot durch.

[2]) Darunter verstehe ich die Summe aller nicht durch das Licht bedingten Einflüsse (wie z. B. Geselligkeits-, Bewegungstrieb etc.), welche eine ungleiche Verteilung der Tiere innerhalb sonst gleicher Räume verursachen.

Farbengefühl.

Rot-Blau mit Ultrav.

(Je 3 Abteilungen.)	I. Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	I. Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)	II. Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	II. Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)
	40	20	43	17
	36	24	41	19
	42	18	36	24
	45	15	36	24
	38	22	36	24
	34	26	39	21
	42	18	33	27
	39	21	38	22
	32	28	41	19
	38	22	40	20
10 B.	**386**	**214**	**383**	**217**

Ich habe hier die ganze aus 20 Beobachtungen bestehende Versuchsreihe absichtlich in zwei Hälften geteilt, um zu zeigen, dass das Frequenzverhältnis beidemale fast genau das nämliche ist.

Das Hauptergebnis ist, dass die Schmerle, und zwar selbst gegen ihren Helligkeitsgeschmack, das Rot in entschiedenster Weise dem Blau vorzieht.

Als (Minimal-) Verhältnis ergibt sich

$$2) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Rot-Grün.

(Je 2 Abteilungen.)	I. Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	I. s. Dunkel-Grün (Nr. 36 / 225)	II. Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	II. Dunkel-Grün (Nr. 35 / 15)
	22	28	60	36
	18	32	49	43
	19	31	44	39
	21	29	34	38
	23	27	42	30
	24	26	42	30
6 B.	**127**	**173**	**271**	**216**

Da in der zweiten Reihe das Rot stärker frequentiert wurde, wie das Grün, obwol es heller wie letzteres ist, kann an der Rot-Lust der Schmerle (auch contra Grün) wol kaum gezweifelt werden;

die erste Reihe mit einem noch dunkleren Grün lehrt aber, dass hier der Helligkeitsfactor dem Farbenfactor überlegen ist.

Das (Minimal-) Verhältnis (aus R. I) ist

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0.7}.$$

Grün—Blau mit Viol.

(Je 2 Abteilungen.)									Summe
Hell-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. } 35}{15}\right)$	17	16	19	19	19	15	17	**122**
Dunkel-Blau m. Viol.	$\left(\frac{\text{Nr. } 43}{40}\right)$	15	17	15	15	15	17	15	**109**

$$4)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau-Viol.}} = \frac{1}{0{\cdot}9}$$

also kein merklicher Unterschied.

Blau mit — Blau ohne Ultrav.

										Summe 13 B.
Hell-Blau o. ultrav.	$\left(\frac{\text{Nr. } 46}{60}\right)$	34	39	25	28	37	32	39	...	**416**
Dunkel-Blau m. ultrav.	$\left(\frac{\text{Nr. } 40}{900}\right)$	26	21	35	32	23	28	21	...	**354**

Da das stärker frequentierte ultravioletlose Blau viel heller wie das andere ist, darf vielleicht angenommen werden, dass auf unseren Fisch das Ultraviolet einen unangenehmen Eindruck macht.

$$5)\quad \frac{\text{Blau m. ultrav.}}{\text{Blau o. ultrav.}} = \frac{1}{1{\cdot}2}.$$

Ultravioletloses Weiss—Schwarz.

									Summe 10 B.
Weiss ohne Ultrav.	$\left(\frac{\text{Nr. } 15}{1{\cdot}5}\right)$	7	6	9	12	12	14	...	**110**
Schwarz	—	21	22	19	16	16	14	...	**170**

$$6)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1{\cdot}6}.$$

Erwägt man, dass die Frequenz des Schwarz contra gewöhnlichem Weiss 2·1mal grösser wie die des letzteren ist, während sie hier nur 1·6 beträgt, so dürfte dies abermals für die Ultraviolet-Scheu sprechen.

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Grün	Blau o. ultrav.	Blau m. ultrav.
1	0·7	—	0·5
	0·7	0·6	—
		0·6	0·5

Die ganze Untersuchung macht es wahrscheinlich, dass die Farbenlust vom roten gegen das blaue Spectrumende hin stetig abnimmt.

Weissfisch (Alburnus spec.).

19 bis 22 junge (3 cm. lange) Tiere. Trog mit je 4 Abteilungen. Beobachtung ca. jede 1/4 Stunde. Tiere jedesmal verteilt[1]) und Lichter vertauscht. 10. bis 15. Mai.

Helligkeitsgefühl

beim weissen Licht.

(Je 2 Beobachtungen.)											Summe 10 B.
Weiss	15	18	22	20	13	14	14	10	3	13	**142**
Schwarz	29	26	22	24	31	30	30	33	39	29	**293**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{2{\cdot}1}.$$

Man beachte, dass die Lichtscheu (resp. die Schwarz-Präferenz) genau so gross wie bei der Schmerle ist.

Farbengefühl.

Rot-Blau i. w. S.

	I. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	I. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7{\cdot}3}\right)$	II. Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{50}\right)$	II. Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7{\cdot}3}\right)$
	10	11	33	11
	10	11	27	17
	8	13	28	16
	9	12	26	18
	15	6	22	12
	17	4	34	10
	12	9	29	15
	10	11	37	7
	10	11	26	18
	11	10		
	9	11		
11 B.	**121**	**109**	**272**	**119**

[1]) Die Verteilung geschieht von selbst, indem die Tiere, wenn die Gl[illegible] tauscht, resp. weggenommen werden, heftig erschreckt durcheinander.

Der ganze Versuch spricht in unzweideutiger Weise dafür, dass auch der Weissfisch (contra Blau) rothold ist.

Das Mittelverhältnis ist

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Rot-Grün.

		Je 2 Beob.							Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	16	20	13	16	20	22	. . .	151
Dunkel-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. 37}}{3375}\right)$	26	22	28	26	22	20	. . .	184

Bedenken wir, dass das angewendete Grün im Vergleich zum Rot ausserordentlich dunkel ist, so erscheint die Präferenz des ersteren mit Rücksicht auf das Helligkeitsgefühl offenbar zu klein und darf aus diesem Umstande wol auf eine Vorliebe für das Rot geschlossen werden.

Weiss-Rot.

		Je 2 Beob.									Summe 12 B.
Weiss	(1)	8	13	18	13	21	14	12	9	. . .	153
Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	34	29	23	29	21	28	30	33	. . .	344

Hier verhält es sich umgekehrt wie oben, indem Rot mit Rücksicht auf dessen relativ grosse Helligkeit gegenüber dem Weiss zu stark frequentiert erscheint (stärker als Schwarz!)

$$3)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Rot}} = \frac{1}{2{\cdot}2}.$$

Daraus folgere ich eine Präferenz des Rot contra gewöhnlichem Weiss resp. contra Blau und Ultraviolet.

Im Ganzen und Grossen stimmt, wie wir gesehen haben, das Helligkeits- und Farbengefühl von Alburnus mit dem von Cobitis überein. [1])

---

[1]) Zur Lichtgefühl-Prüfung anderer ausgewachsener Fische fehlten mir leider die nötigen Gefässe; übrigens dürfte sich hier, wie ich glaube, auch ohne besondere Veranstaltungen, nämlich mittelst der Methode der partiellen Belichtung z. B. durch Vorhalten farbiger Papiere oder Gläser Manches eruieren können.

Weichtiere.

Planorbis corneus L.

30—60 Individuen, Blechkasten 4 cm. hoch mit Wasser, je 1 Abteilung. Beobachtung jede Stunde, nachher genau (durch Abzälen) verteilt. 6.—12. Juni.

Weiss-Schwarz.

										Summe
Weiss	25	22	20	22	18	17	22	18	20	**184**
Schwarz	5	8	10	8	12	13	8	12	10	**86**

Diesem Versuch zufolge ist die Tellerschnecke ein ausgesprochen leukophiles Tier.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Rot-Blau i. w. S.

Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)		Dunkel-Rot (Nr. 11 / 225)	Hell-Blau (Nr. 39 / 30)
16	14		19	11
13	17		21	9
16	14		12	18
15	15		12	18
15	15		8	22
			10	20
			14	16
			15	15
			10	20
75	**75**	9 B.	**121**	**149**
1 :	1		1 :	1·2

Auf Grund der oben angegebenen Helligkeitsreactionen darf vielleicht aus vorstehenden Zalen geschlossen werden, dass unser Tier eine geringe Vorliebe für Blau contra Rot hat.

Als Verhältnis nehme ich (unter Mitberücksichtigung des folgenden Versuches)

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau}} = \frac{1}{1{\cdot}2}\,?$$

Klarer tritt die Blau-Vorliebe beim folgenden nach der M[illegible] farbenmethode ausgeführten Versuch zu Tage.

	Rot	Gelb	Grün	Blau i. e. S.	Blau i. w. S.	Weiss
	(Nr. 6 / 6)	(Nr. 20 / 3)	(Nr. 35 / 15)	(Nr. 56 / 1400)	(Nr. 39 / 40)	(1)
	9	10	9	5	12	15
	1	6	7	9	20	17
	9	11	8	7	15	10
	5	14	10	3	8	20
	8	15	12	4	7	14
	9	12	11	7	5	16
	9	8	7	3	8	25
	7	8	12	11	12	10
	11	7	3	9	14	9
	8	8	12	6	14	10
	3	16	14	5	9	13
	8	10	13	2	11	16
	8	12	8	5	9	20
	12	13	7	2	8	18
15 B.	**122**	**154**	**140**	**89**	**161**	**227**

So unregelmässig auf den ersten Blick diese Zalenreihen erscheinen, so harmonieren sie doch z. T. mit den früheren Ergebnissen.

Man beachte zunächst, dass das Weiss, also das hellste der 6 Vergleichslichter, weitaus (und auch ziemlich constant) am stärksten (227) und das Rein-Blau, als das dunkelste, ebenso entschieden am schwächsten (89) besucht war. Dies lässt vor allem auf eine ziemlich bedeutende Helligkeitsempfindlichkeit schliessen.

Sind aber die Reactionen der Tellerschnecke einerseits durch die Helligkeit bedingt, so lässt sich andererseits nicht leugnen, dass sie in ihren Bewegungen auch durch qualitative Differenzen beeinflusst wird.

Erwägt man nämlich, dass das ultraviolethältige Blau viel dunkler als das Rot, Gelb und Grün ist und dass dasselbe gleichwol unter den genannten vier Farben die stärkste Frequenz (161) aufweist, so kann dieses Plus wol nur der Vorliebe für die blaue Farbe als solcher resp. vielleicht für das Ultraviolet zugeschrieben werden.

In Bezug auf die Reactionen der Tellerschneke und der anderen von mir untersuchten Gastropoden muss ich übrigens noch ausdrücklich darauf aufmerksam machen, dass dieselben wegen der relativ unvollkommenen Locomotionsmittel unter sonst gleichen Umständen im Allgemeinen jedenfalls verhältnismässig viel geringer wie bei den meisten Wirbeltieren und Insecten sind, und dürfen wir deshalb von vorne herein etwa nicht glauben, dass sie gegen Licht und Farbe sich gleichgiltiger wie diese verhalten. —

Limnaeus stagnalis O. F. M.

20—30 Individuen. Blechkasten 6 cm. hoch mit Wasser, je 2 Abteilungen. Beobachtung ca. jede Stunde. Tiere jedesmal verteilt. 22.—27. Juni.

Weiss-Schwarz.

					Summe
Weiss	21	23	24	22	**90**
Schwarz	8	6	5	7	**26**

Dies Ergebnis lässt wol keinen Zweifel, dass auch die Schlammschnecke ein lichtholdes Tier ist und zwar in höherem Grade wie die Scheibenschnecke.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Rot—Blau mit Ultrav.

											26 B.
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{6}\right)$	13	12	10	9	11	7	13	12	. . .	**306**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 40}{900}\right)$	14	15	17	18	16	20	14	17	. . .	**424**

Da hier das Blau, trotzdem es viel dunkler als Rot ist, bei 26 Beobachtungen 23mal letzterem vorgezogen wurde, so betracht' ich es als erwiesen, dass dieser Schnecke wirklich erstere Farbe viel angenehmer ist.

Noch stärker wird selbstverständlich die Blau-Präferenz beim umgekehrten Helligkeitsverhältnis.

					Summe
Dunkel-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. } 11}{225}\right)$	5	7	9	**21**
Hell-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$	24	22	20	**66**

Das Mittelverhältnis ist

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{2}.$$

Helix nemoralis L.

Je 40 Tiere. Mittlerer Kasten, je 2 Abteilungen. [1]) **Beobachtung ca. jede Stunde. Mittelstellung und Vertauschung der Lichter.**

---

[1]) Den Boden des Kastens belegte ich mit angefeuchteten Blättern von Petasites offic. und anderen Pflanzen, auf denen unsere Schnecken herumzukriechen pflegen.

Weiss-Schwarz.

				Summe
Weiss	30	26	29	**85**
Schwarz	10	14	11	**35**

Es ist demnach auch diese Schnecke leukophil.

$$1)\ \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0\cdot4}.$$

Rot-Blau.

					Summe
Dunkel-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. }11}{225}\right)$	12	14	13	**39**
Hell-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$	28	26	17	**81**

Rot-Grün.

					Summe
Dunkel-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. }26}{225}\right)$	8	11	16	**35**
Hell-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$	32	29	24	**85**

Da ich anderer Tiere wegen nicht mehr zu den Parallelversuchen mit umgekehrtem Helligkeitsverhältnis kam, [1]) kann ich nicht sagen, ob die vorstehenden Reactionen auf qualitativen oder quantitativen Einflüssen beruhen; ich halte es aber für wahrscheinlich, dass auch Helix blauhold ist.

Insecten.

1. Pseudoneuroptera.

Libellula depressa L.

Larve.

Je 10 bis 30 Individuen. [2]) Trog mit Wasser, 1 oder 2 Abteilungen. Beobachtung ca. alle 10—15 Minuten. Tiere jedesmal verteilt und die Lichter vertauscht. Vom 4.—30. April.

[1]) Es begegnete mir wiederholt, dass ich die Untersuchung eines sog. gemeinen Tieres anderer Geschöpfe wegen aufschob und dass ich dann schliesslich nicht mehr die erforderliche Anzal von Individuen aufzutreiben vermochte.

[2]) Da ich mir in den hiesigen Sümpfen beliebige Mengen dieses Tieres sammeln konnte, hätte ich auch mit einer grösseren Individuenzal operieren können. Dass dies nicht geschah, hat seinen Grund im Umstande, dass ich damals noch nicht im Besitze grösserer Beobachtungsgefässe (z. B. des für den Triton verwendeten Aquariums) war.

Helligkeitsgefühl.

(1 Abteilung.)	Je 10 Beobachtungen.				Summe
Weiss	53	53	46	71	**223**
Schwarz	60	86	100	89	**335**

Mit Rücksicht auf den Umstand, dass bei 40 Beobachtungen das Plus der Besucher 37mal in der dunkeln Abteilung war, steht es wol ausser Zweifel, dass die Libellenlarven, was übrigens ihr Aufenthalt im Schlamme schon von vorne herein erwarten lässt, in der Tat zu den lichtscheuen Tieren gehören.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1{\cdot}5}.$$

Farbengefühl.

Rot-Blau i. w. S.

I. R.		II. R.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 11}}{2500}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
17	5	10	10
17	5	12	8
19	3	23	7
15	7	15	15
19	3	12	8
18	4	16	4
17	5	11	9
		30	10
122	**32**	**129**	**71**
1 :	0·23	1 :	0·5

Darnach ist die Libellenlarve ein entschieden blauscheues Tier. Merkwürdig ist hier aber der Umstand, dass das Dunkelrot relativ viel weniger als das Hellrot frequentiert wird. Es regt dies die Frage an, ob die Libellenlarve nicht vielleicht eine gewisse mittlere Helligkeit, wie sie z. B. das Hellrot zeigt, einem intensiveren Dunkel (Dunkelrot 2500) vorzieht.

Das nach der üblichen Weise formierte Mittelverhältnis ist

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau i. w. S.}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Rot-Gelb.

Hell-Rot	Dunkel-Gelb	Dunkel-Rot	Hell-Gelb
$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 19}}{9}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 10}}{50}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 17}}{2·1}\right)$
18	14	18	14
16	16	15	17
16	15	17	14
17	15	12	20
17	15	15	14
16	16	15	16
100	**91**	**92**	**95**

Nach diesem Ergebnis besteht zwischen der Rot- und Gelbwirkung höchstens ein ganz geringfügiger Unterschied.

Das Mittelverhältnis ist:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{0·9}.$$

Rot-Grün.

	Hell-Rot	Dunkel-Grün
	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 36}}{225}\right)$
Je 2 B.	15	12
	12	16
	10	17
	17	25
	54	**70**
	1 :	1·3

	Dunkel-Rot	Hell-Grün
	$\left(\frac{\text{Nr. 10}}{60}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$
Je 3 B.	30	18
	35	13
	42	6
	36	12
	36	12
	179	**61**
	1 :	0·4

Da die Präferenz stets auf der dunkleren Seite liegt, ist das Gefühl für Rot und Grün jedenfalls kein sehr verschiedenes.

Als Mittel ergibt sich:

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0·6}?$$

Gelb-Grün.

	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 17}{2 \cdot 1}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 36}{225}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 28}{25}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 31}{6}\right)$
Je 2 Beob.	21	9	26	4
	16	14	14	16
	16	14	19	11
	15	15	18	12
	18	10	20	10
	11	9	20	10
6 Beob.	**97**	**71**	**117**	**63**
	1 :	0·7	1 :	0·6

Hier ist kein Zweifel, dass Gelb dem Grün vorgezogen wird, namentlich mit Rücksicht auf Reihe I, wo selbes heller als die Vergleichsfarbe ist. Als Mittel nehme ich

$$5)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0 \cdot 7}.$$

Gelb-Blau i. w. S.

	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 3}{2 \cdot 1}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. } 70}{900}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 29}{625}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$
	12	4	12	4
	16	0	14	2
	11	5	8	8
	9	7	14	2
	12	4	15	1
	14	2	12	4
	12	4	12	4
	14	2	12	4
	7	7	12	4
	14	2	14	2
10 B.	**121**	**37**	**125**	**35**

Wie schon nach dem Rot-Blau-Versuch zu erwarten war, ist die B l a u - S c h e u tatsächlich auch contra Gelb eine g a n z a u f f a l l e n d s t a r k e, ja sie ist noch viel grösser wie beim Vergleich mit Rot, und beachte man neuerdings, dass hier durch das überaus lebhafte Farbeninteresse das Helligkeitsgefühl so vollkommen in den Hintergrund gedrängt ist, als ob Gelb und Blau beidemale vollkommen gleiche Intensität besässen.

Das Mittel ist:

$$6)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

d. h. Gelb wird durchschnittlich 10-, Blau dagegen nur 3mal besucht.

Grün—Blau m. Ultrav.

	Hell-Grün (Nr. 35 / 15)		Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)	Dunkel-Grün (Nr. 36 / 225)		Hell-Blau (Nr. 39 / 30)
	10		6	12		4
	10		6	14		2
	11		5	18		3
	14		2	14		2
	14		2	16		0
	12		4	14		2
	10		6	10		6
	14		2	15		1
	13		3	13		3
	12		4	15		1
10 B.	**120**		**40**	**136**		**24**
	1	:	0·3	1	:	0·18

Obwol Grün und Blau nicht soweit auseinanderstehen, wie etwa Rot-Blau oder Gelb-Blau, weist doch, wie man sieht, der reactive Erfolg dieser Lichter eine nicht minder auffallende Verschiedenheit auf, indem beidemale das Grün circa 4mal so stark als das Blau besucht wurde.

Auch beachte man noch besonders, dass bei 20 Beobachtungen die Präferenz auch nicht ein einzigesmal auf Seite des Blau lag.

So entschieden hier aber auch die Farben-Reaction hervortritt, macht sich doch auch der Helligkeitseinfluss bemerkbar, indem das relativ dunkle Grün (225) eine höhere Frequenz (136) als das relativ helle Grün ($J = 15$, $F = 120$) aufweist.

Das Mittel ist:

$$7)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau i. w. S}} = \frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Blau i. w. S. mit → Blau i. w. S. ohne Ultrav.

	I. R.		II. R.	
	Blau ohne ultrav. $\left(\frac{\text{Nr.39, 5*}^{1)}}{30}\right)$	Blau m. ultrav. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	Blau o. ultrav. $\left(\frac{\text{Nr. 39, 5*}}{30}\right)$	Blau m. ultrav. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
	21	3	28	12
	16	8	25	15
	15	9	30	10
	14	10	22	18
	26	14	21	19
	28	12	28	12
	21	19	27	13
	21	19	25	15
	18	22	23	17
	28	12	21	19
10 B.	**208**	**128**	**250**	**150**

Darnach ist also in beiden Reihen ein bedeutendes Plus der Besucher (und zwar ganz regelmässig) auf Seite des ultravioletfreien Blau.

Erwägen wir, dass für unser Auge der Unterschied zwischen dem hier angewendeten ultraviolethältigen und ultravioletlosen Blau nur ein sehr geringer ist, so erscheint es in der Tat höchst auffallend, dass bei den Libellenlarven die genannten Qualitäten sogar das Allgemeingefühl in sehr verschiedener Weise afficieren, und müssen wir, wie ich schon hier betonen will, jedenfalls annehmen, dass diesen Tieren die Differenz zwischen ultravioletlosem und ultraviolethältigem Blau viel grösser wie uns erscheint.

Das Verhältnis ist:

$$8)\quad \frac{\text{Blau o. uv.}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Interessant ist auch der folgende Versuch.

---

[1]) Nr. 39, 5* = blaues Glas Nr. 39 und eine 4 cm. dicke Schichte von (wasserhellem) Schwefelkohlenstoff.

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

I. R.		II.	
Weiss [1]) o. ultrav.	Weiss m. ultrav.	Weiss o. ultrav.	Weiss m. ultr.
18	12	17	15
18	10	22	10
14	14	15	17
19	13	25	7
19	13	18	14
27	5	19	12
14	13	19	12
17	15	17	14
20	12	14	18
166	**107**	**166**	**119**

Auch hier besteht, wie man sieht, ein ziemlich bedeutender Unterschied zwischen der Frequenz des einen und des andern Weiss und zwar liegt das Plus abermals auf Seite des ultravioletlosen Lichtes (bei 18 Ablesungen nicht weniger als 15mal).

Ultraviolet wird somit nicht nur in seiner Verbindung mit Blau sondern auch in Connex mit Weiss wahrgenommen resp. gemieden, und es unterliegt sonach keinem Zweifel, dass es auch ganz für sich allein eine distincte Empfindung resp. ein (intensives Unlust)-Gefühl hervorruft.

$$9)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}7}.$$

Nachstehend die Übersicht der erhaltenen Farben-Reactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau o. ultrav.	Blau m. ultrav.
1	0·9	0·6?	0·4? [2])	0·3
	0·9	0·6	—	0·27
		0·6	—	0·12
			0·4	0·24

Daraus ersieht man mit einem Blick, dass **Rot die absolute Lust- und ultraviolethältiges Blau die absolute Unlust-Farbe ist.**

---

[1]) D. i. Weiss, welches durch eine 4 cm. dicke Schichte S_2C hindurch gelassen wird. Das gewöhnliche Weiss liess ich durch eine ebenso dicke Lage Wasser gehen.

[2]) 0·4? ist behufs einer übersichtlicheren Vergleichung der beiden Blau-Lichter interpoliert.

Zum Schlusse teile ich noch die Ergebnisse einer längeren Versuchsreihe nach der Mehr-Lichter-Methode mit.

(Tiere jedesmal verteilt und auch die Lichter vertauscht.)

	Weiss	Rot	Gelb	Grün	Blau m. u.	Schwarz
Je 3 B.	18	16	33	13	0	28
	5	24	59	9	0	7
	8	39	25	23	13	21
	16	34	41	33	17	39
	5	68	43	38	4	21
	14	47	53	31	11	18
	15	36	44	38	14	27
21 B.	**81**	**264**	**298**	**185**	**59**	**161**

Betrachten wir zunächst das Frequenzverhältnis zwischen den farbigen Lichtern i. e. S., so stimmt dasselbe insoferne mit den früheren Ergebnissen überein, als Rot-Gelb weitaus stärker als Blau besucht war und Grün in der Mitte steht.

Bemerkenswert ist dann der Umstand, dass Weiss, obwol es viel heller als Blau ist, beträchtlich mehr wie letzteres besucht ist (wahrscheinlich ist unseren Tieren das Blau nicht nur des Ultraviolet wegen verhasst) und ebenso, dass Schwarz eine geringere Frequenz als Rot und Gelb aufweist. Letzteres deutet darauf hin, dass die Rot-Gelb-Lust viel stärker als die Dunkel-Lust ist[1]).

Agrion puella L.

Je 12—30 Individuen. Kleiner Kasten, je 1 Abteilung. Beobachtet am Sammelplatz, und zwar bei directem Sonnenlichte. Expositionszeit 5—15 Minuten. Tiere nicht verteilt, aber jedesmal die Lichter vertauscht. 10.—20. Juni.[2])

Weiss-Schwarz.

					Summe
Weiss	12	12	11	14	**49**
Schwarz	0	0	3	0	**3**

[1]) Am Ende meiner Mitteilungen über die Lichtreactionen der Libellenlarven kann ich nicht umhin diese Tiere sowol wegen ihrer leichten Beschaffung als auch ihres zähen Lebens halber für weitere Studien dieser Art auf das angelegentlichste zu empfehlen.

[2]) Eine Verteilung der Tiere ist hier ganz überflüssig, da dieselben bei directem Sonnenlichte (ähnlich wie im Freien) sehr schnell hin- und herfliegen. Umso auffallender ist dann hier natürlich die Reaction.

Die ungleiche Zal der Versuchsindividuen erklärt sich daraus, dass ich am Sammelorte zu den alten Tieren öfter teils neue hinzugab, teils wieder manche entfernte, mit einem Wort also die Versuchsobjecte beständig wechselte.

Wegen der Entschiedenheit der Reaction liess ich es bei den vorstehenden Beobachtungen bewenden.

$$1) \quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0 \cdot 06}.$$

Die Libelle (i. w. S. d. Wortes) ist somit, wie nicht anders zu erwarten war, im höchsten Grade dunkelscheu, indem auf 100 Hellbesuche nur 6 Dunkelvisiten entfallen. Leider kam ich nicht dazu ihr Helligkeitsgefühl (auch bei farbigem Licht) genauer zu prüfen, obwol man es hier offenbar mit einem sehr dankenswerten Object zu tun hat.

Rot-Blau m. uv.

										Summe 12 B.
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	4	4	5	3	2	4	1	. . .	**41**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$	14	14	12	15	16	14	17	. . .	**200**

Mit Rücksicht auf die grosse Helligkeitsliebe unseres Insects ist dessen constante Bevorzugung des relativ sehr dunkeln Blau (contra Rot) gewiss eine frappierende Erscheinung. Rot muss bei diesen Libellen ein Ekelgefühl hervorrufen, von dem wir uns absolut keine entsprechende Vorstellung machen können.

Ferner beachte man schon hier, dass die Larven der eigentlichen Libelle gerade umgekehrt reagieren, und wäre es darum selbstverständlich sehr interessant zu erfahren, wie denn die Agrionlarven sich verhalten.

Bei einem zweiten Versuch wurde die Lieblingsfarbe (Blau) noch 40mal dunkler genommen.

						Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	3	2	1	2	**8**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 40}}{1600}\right)$	12	10	13	10	**45**

Trotzdem ist, wie sich zeigt, die Bevorzugung des Blau nicht minder gross ja (scheinbar) noch bedeutender.

Als (Minimal!)-Verhältnis ergibt sich

$$2) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{5}.$$

Es wäre hier offenbar höchst interessant jenen Dunkelheitsgrad des Blau zu ermitteln, bei dem endlich Frequenzgleichheit resp. Präferenz des Rot (im Sinne des Helligkeitsgeschmackes) eintritt, falls, was a priori keineswegs angenommen werden darf, ein solcher Umschlag der Farben — in die Helligkeitsreaction überhaupt stattfindet.

Rot-Gelb.

						Summe
Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 10}{15}\right)$	16	12	10	10	4	**52**
Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 24}{4}\right)$	12	16	14	17	12	**71**

Während sich oben zwischen Rot und Blau grosse Frequenzunterschiede zeigten, ist hier die Differenz eine ganz unbedeutende und dazu noch wahrscheinlich mehr durch die Helligkeit als durch die Qualität bedingt.

Des letzteren Umstandes wegen kann auch das eigentliche Gelb-Rot-Verhältnis nicht genau angegeben werden und setze ich vorläufig:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{1}?$$

Rot-Grün.

						Summe
Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 11}{225}\right)$	11	20	15	17	13	**76**
Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 35}{15}\right)$	7	17	18	16	17	**75**

Hier verhält es sich im ganzen ähnlich wie mit Rot-Gelb, ja es scheint unter Berücksichtigung der Helligkeit sogar eine geringfügige Rot-Vorliebe zu bestehen.

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1}?$$

Grün-Blau m. uv.

					Summe
Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 35}{15}\right)$	2	3	2	4	**11**
Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. } 39}{40}\right)$	18	17	18	16	**69**

Da unsere Tiere zwischen Rot, Gelb und Grün wenig Unterschied machen, während sie auch hier wieder und zwar mit Überwindung des Helligkeitsgeschmackes das Blau in höchst auffallender

Weise präferieren, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass ihnen Blau überhaupt weitaus die angenehmste Farbe ist.

Minimalverhältnis:

$$5)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. u.-v.}} = \frac{1}{6}.$$

Weiss-Blau m. uv.

					Summe
Hell-Weiss	(1)	17	22	17	56
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 39}{40}\right)$	17	16	17	50

Dieser auf den ersten Blick resultatlos gebliebene Versuch verdient gleichwol eine besondere Beachtung.

Erwägen wir nämlich 1. dass hier Blau viel dunkler als Weiss war, 2. dass unsere Tiere, wie sich gezeigt hat, sowol auf qualitative als auf quantitative Lichtunterschiede im allgemeinen sehr stark reagieren, so ist meines Erachtens im vorliegenden Falle die Frequenz-Gleichheit ein Beweis dafür, dass der Libelle reines Blau als solches viel angenehmer als Weiss ist.

Leider kam ich nicht dazu Controlversuche mit gedämpftem Weiss zu machen, bei dessen Anwendung nach dem Obigen eine Mehr-Frequenz des Blau zu erwarten ist.

$$6)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Blau m. u.-v.}} \left(\frac{1}{40}\right) = \frac{1}{1}.$$

Weiss-Gelb.

Hell-Weiss	(1)	18	16	19	17	19	89
Dunkel-Gelb	$\left(\frac{\text{Nr. } 24}{4}\right)$	9	11	7	10	9	46

Dieser Versuch lehrt zunächst, dass Weiss keineswegs unter allen Umständen einem relativ homogenen Licht nachgesetzt wird, und dann weiters, dass zwischen Gelb und Blau auch dem Weiss gegenüber derselbe grosse Unterschied in der Gefühlsaffection wie beim directen Vergleiche besteht.

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

								Summe
Weiss o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. } 15}{15}\right)$	9	9	13	13	17	18	79
Weiss m. uv.	(1)	12	9	13	16	13	19	82

Erinnern wir uns, dass bei den verhältnismässig minder beweglichen Libellula-Larven die in Rede stehenden zwei Lichter einen beträchtlichen Frequenzunterschied ergaben, so können wir aus dem gegenwärtigen Wal-Resultate keinen andern Schluss als den ziehen, dass unsere Libelle gegen Ultraviolet soviel wie ganz unempfindlich ist, und daraus folgt dann weiter, dass die ausserordentliche Vorliebe unserer Tiere für das Blau nicht auf dem Ultraviolet-Gehalt beruht, sondern dass es das auch uns sichtbare Blau resp. Violet ist, für das sie in so hohem Grade schwärmen.

$$7)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{1}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau o. uv.	Blau m. uv.
1	1?	1?	—	5
			—	6
		1	5 [1])	5 [1])

Wie schon aus dem Früheren zu entnehmen, ist Blau jedenfalls die absolute Lieblingsfarbe von Agrion, und ist nur noch Genaueres darüber zu ermitteln, welche der übrigen Farben die grösste Abstossung ausübt.

---

2. Orthoptera.

Blatta germanica L.

Je 10 bis 30 Individuen. Trog mit je 1 Abteilung. Beobachtung ca. alle 15 Minuten (mitunter ist die Reaction schon nach zwei bis drei Minuten vollzogen). Tiere jedesmal verteilt und die Lichter vertauscht.

Helligkeitsgefühl.

Da dieses Insect, wie bekannt, im allgemeinen eine grosse Helligkeits-Empfindlichkeit besitzt, so schien es mir sehr angezeigt, mit demselben einige genauere phengopathische Experimente zu machen.

---

[1]) Die Zal 5 bezieht sich eigentlich auf ultravioletloses, resp. ultraviolethältiges Weiss; man darf aber mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die Verhältnisse bei Blau analoge sind.

a) Bei weissem Licht.

Zunächst prüfte ich die Wirkung von ungeschwächtem weissen (Tages-) Licht im Vergleich zu der von Schwarz und dann von weissen Licht, das (mit Hilfe von weissem Seidenpapier oder mattiertem Glas) in verschiedenem Grade abgedämpft wurde.

I.		II.		III.	
Hell- (1)	Dunkel- (Schwarz)	Hell (1)	Dunkel (27)	Hell (1)	Dunkel (9)
2	15	1	16	4	16
4	13	2	15	3	17
2	15	8	9	3	17
3	14	5	12	2	18
1	16	6	11	4	16
3	14	0	17	4	16
1	16	1	16	7	13
1	16	1	16	5	15
17	**119**	**24**	**112**	**32**	**128**
1 :	7	1 :	4·6	1 :	4

Wie man sieht, wird bei allen drei (gleichzeitigen) Parallelversuchen das minder helle Licht dem intensiveren in entschiedenster Weise (bei Weiss und Schwarz ganz constant) vorgezogen, und wird der Überbesuch des dunkleren Lichtes um so geringer, je mehr sich dessen Intensität jener des ungeschwächten Weiss nähert. Die Verhältnisse sind:

$$1)\quad \text{Weiss}\quad \frac{\text{Hell}}{\text{g. Dunkel (Schwarz)}}\left(\frac{1}{\infty}\right) = \frac{1}{7}.$$ [1]

$$2)\quad \text{Weiss}\quad \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{27}\right) = \frac{1}{4{\cdot}6}.$$

$$3)\quad \text{Weiss}\quad \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{9}\right) = \frac{1}{4}.$$

---

[1]) Bei den ersten Vorversuchen erhielt ich für Schwarz eine weit grössere Präferenz. Dieselbe hängt u. a. selbstverständlich auch sehr von der Expositionsdauer, sowie von der Tageshelligkeit ab. Merkwürdigerweise reagierte Blatta nur sehr schwach bei Lampenlicht.

Bei den folgenden zwei Versuchen wurde das dunklere Licht noch heller als bei Experiment III genommen.

	IV.			V.	
	Hell (1)	Dunkel (3)		Hell (1)	Dunkel (1·7)
	13	4		8	9
	13	4		12	5
	8	9		7	10
	8	9		7	10
	9	8		14	3
	8	9		2	15
	8	9		14	3
	.	.		9	8
	.	.		10	7
	.	.		.	.
	.	.		.	.
13 B.	**124**	**97**	15 B.	**131**	**124**

Auf Grund vorstehender Zalen darf man wol annehmen, *dass den Küchenschaben kleinere Helligkeitsdifferenzen des weissen Lichtes*, auf welche aber selbst anscheinend minder phengopathische Tiere (gewisse Vögel, Säuger) noch deutlich reagieren, *vollkommen gleichgiltig sind.*

$$4)\quad \text{Weiss}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{1}{3}\right) = \frac{1}{1}.$$

Die nächsten Versuche bezogen sich auf die Frage, ob die Reaction bei gleicher Intensitätsdifferenz immer dieselbe bleibt, oder ob der Helligkeitsgeschmack zugleich auch von der Intensitätshöhe des helleren Vergleichslichtes abhängt resp. sich mit derselben ändert.

Zu dem Behufe schwächte ich das hellere Licht (u. z. wieder durch weisses Seidenpapier) auf $\frac{1}{3}$ resp. auf $\frac{1}{9}$ und $\frac{1}{81}$ der früher angewendeten Intensität (des Tageslichtes) ab, und gab dem dunkleren Vergleichslicht eine solche Intensität, dass die Helligkeitsdifferenz in allen drei Fällen genau so gross wie beim Versuch III, also $\frac{1}{9}$ war.

VI.		VII.		VIII.	
Hell (3)	Dunkel (3 × 9) [1]	Hell (9)	Dunkel (9 × 9)	Hell (81)	Dunkel (81 × 9)
3	14	11	19	14	18
9	8	8	22	18	14
2	15	10	20	16	16
5	9	6	24	13	19
2	25	4	26	14	18
4	23	14	16	20	12
8	19	5	25	.	.
		.	.	.	.
		.	.	.	.
		.	.	.	.
33	**113**	**89**	**331**	**134**	**186**
1	: 3·4	1	: 3·7	1	: 1·4

Man beachte, dass die Dunkel-Präferenz in VI und VIII ungefähr so gross wie oben bei Versuch III (mit gleicher Helligkeitsdifferenz) ist, dass dieselbe aber in VIII nahezu ganz verschwindet.

Erwägen wir nun, dass der Intensitätsunterschied bei allen drei (resp. 4) Experimenten genau derselbe ist, so ist klar, dass hier unter sonst gleichen Umständen die Vorliebe für das Dunkel (resp. wol auch die Unterschieds-Empfindlichkeit) um so kleiner wird, je niedriger die Intensität des helleren Vergleichslichtes ist.

$$5)\ \text{Weiss}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{81}{81 \times 9}\right) = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Endlich stellte ich noch einem bis auf $\frac{1}{9}$ der ursprünglichen Intensität abgedämpften Weiss völliges Dunkel (Schwarz) gegenüber.

Hell	(9)	9	10	7	12	8	12	1	4	18 . . .	**97**
Dunkel (Schwarz)		15	14	17	12	16	12	23	20	4 . . .	**189**

$$6)\ \text{Weiss}\ \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{9}{\infty}\right) = \frac{1}{2}.$$

[1] Ich mache hier darauf aufmerksam, dass das Verhältnis der hier angegebenen Intensitäten vollkommen genau ist, weil die Abstufungen durch das Übereinanderlegen von Blättern einer und derselben Gattung Papier gemacht wurden.

So wurde beispielsweise das Fenster der helleren Abteilung beim Versuch VIII mit 5 Lagen, jenes der dunkleren mit 7 Lagen des gewissen Papieres bedeckt und die Intensitäten verhalten sich also zu einander, wenn die Helligkeit einer Lage gleich 3 ist, wie $3^5 : 3^7$ oder wie 1 : 9.

Des bequemeren Gebrauches halber zog ich die Papierblätter in ein- bis vierfacher Lage auf reine Glasscheiben auf.

Bedenkt man, dass hier die Helligkeitsdifferenz vielmal grösser ist als oben bei Versuch II, III, VI und VII [1]) und dass gleichwol die Dunkel-Präferenz eine viel geringere ist, so wird es klar, dass der oben ausgesprochene Satz bezüglich der Verringerung der Helligkeits-Reaction bei zunehmender Dunkelheit des helleren Vergleichslichtes auch für die niedersten Intensitätsgrade des dunkleren Gegenlichtes Giltigkeit hat.

b) Bei farbigem Licht.

	Rot			Blau	
	Hell	Dunkel		Hell	Dunkel
	$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. } 6^*}{5 \times 9}\right)$ [2])		$\left(\frac{\text{Nr. } 38}{7}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. } 38}{7 \times 9}\right)$
	17	13		10	20
	13	17		16	14
	12	18		10	20
	3	27		13	17
	18	12		17	13
	10	20		11	19
	16	14		13	17
	.	.		.	.
	.	.		.	.
	.	.		.	.
14 B.	**194**	**226**	15 B.	**184**	**262**
	1 :	1·2		1 :	1·4

Erwägt man, dass hier die Helligkeitsverhältnisse fast genau dieselben wie in Versuch VII (mit weissem Licht) sind, dass hier aber die Dunkel-Präferenz im Vergleich zu der bei besagtem Experiment $\left(\frac{1}{3 \cdot 7}\right)$ nahezu verschwindet, so scheint es mir erwiesen zu sein, dass Blatta im allgemeinen gegen Helligkeitsdifferenzen beim (ihr ungewohnten) farbigen Licht (speciell Rot und Blau) minder empfindlich als beim weissen Lichte ist.

Ferner scheint aus vorstehenden und einigen andern Versuchen hervorzugehen, dass die Helligkeitsempfindlichkeit bei (dem

---

[1]) Dass dem wirklich so ist, kann man sich leicht überzeugen, wenn man mit Hilfe von Seidenpapier das Licht so vollständig abblenden will, wie es bei Schwarz etwa mit Hilfe eines dunkel angestrichenen Brettchens geschieht.

[2]) Nr. 6* = Nr. 6 nebst zwei Lagen weissen Seidenpapiers. Das Dunkel wurde hier überhaupt so wie oben beim weissen Licht erzeugt.

unsern Tieren am meisten verhassten) Blau merklich grösser als bei (der erklärten Lieblingsfarbe) Rot ist.

$$7)\quad \text{Rot}\quad \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{5}{5\times 9}\right)=\frac{1}{1{\cdot}2}.$$

$$8)\quad \text{Blau}\quad \frac{\text{Hell}}{\text{Dunkel}}\left(\frac{7}{7\times 9}\right)=\frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Farbengefühl.

Rot — Blau mit Ultrav.

Hell-Rot (Nr. 6 / 5)		Dunkel-Blau (Nr. 39 / 40)	Dunkel-Rot (Nr. 10 / 50)		Hell-Blau (Nr. 38 / 7·3)
24		6	30		0
23		7	28		2
23		7	23		4
24		6	22		8
25		5	28		2
119		**31**	**131**		**16**
1	:	0·3	1	:	0·1

Mittel:

$$9)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}}=\frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Die Küchenschabe ist somit ein hochgradig blauscheues resp. rot-holdes Insect. [1])

Rot-Gelb.

Dunkel-Rot (Nr. 6 / 5)	6	8	8	25	28	20	11	**106**
Hell-Gelb (Nr. 18 / 4·4)	10	8	9	15	12	20	5	**79**

[1]) Die wahrhaft erstaunlich grosse Vorliebe für Rot resp. Gelb (contra Blau) documentiert sich auch darin, dass, wenn man die beiden Enden des Troges, an denen sich die Tiere unter sonst gleichen Umständen vorwiegend aufhalten, (weil sie hier von der Seite her vor Licht geschützt sind) mit blauem, den Mittelraum hingegen (wo sich die Tiere sonst gar nie ansammeln) mit rotem oder gelben Glas bedeckt, dass dann, sag' ich, in der Regel fast gar alle Tiere im letztgenannten Orte sich zusammenschaaren. Dasselbe Resultat erhält man, wenn die beiden Endkammern ganz unbedeckt bleiben.

Am alleraugenfälligsten zeigt sich aber die Rot- resp. Gelb-Sympathie, wenn man mitten in dem sonst blaubedeckten Trog einen schmalen Streifen roten Glases einschiebt. In kurzer Zeit findet man die meisten Tiere unter letzterem.

Darnach scheint zwischen der Rot- und Gelbwirkung kein grosser Unterschied zu bestehen.

$$10) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{0{\cdot}7}$$

Rot-Grün.

I.		II.			III.	
Hell-Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-Grün (Nr. 25 / 15)	Dunkel-Rot (Nr. 10 / 50)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)		Rot (Nr. 6 / 5)	Grün (Nr. 31 / 5·8)
0	20	12	8	Je 2 B.	28	6
6	14	12	8		24	10
3	17	12	8		17	13
16	4	14	6		16	14
17	3					
42	**58**	**50**	**30**	8 B.	**85**	**43**

Versuch I und II lehrt, dass bei der Rot-Grün-Wal die Helligkeit grossen Einfluss hat, III aber, (mit nahezu gleich intensiven Farben), dass Rot dem Grün an Anziehungskraft beträchtlich voransteht.

$$11) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Gelb-Grün.

										Summe
Hell-Gelb	(Nr. 18 / 4·4)	11	12	18	32	33	28	27	31	**192**
Dunkel-Grün	(Nr. 31 / 5·8)	5	4	9	8	7	12	13	9	**67**

Sonach wird Gelb in entschiedenster Weise (aber wol des grösseren Rot-Gehaltes wegen) dem Grün vorgezogen.

$$12) \quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Grün—Blau mit ultrav.

Hell-Grün (Nr. 31 / 6)		Dunkel-Blau (Nr. 39 / 40)	Dunkel-Grün (Nr. 35 / 19)		Hell-Blau (Nr. 38 / 7·3)
16		4	20		0
16		4	20		0
13		7	20		0
45		**15**	**60**		**0**
1	:	0·3	1	:	0

Weiss—Blau m. Ultrav.

	I. R.			II. R.		III. R.	
	Hell-Weiss (1)	s. Dunkel-Blau (Nr. 38 / 7·3)		Hell-Weiss (3)	Dunkel-Blau (Nr. 38 / 7·3)	Weiss (9)	Blau (Nr. 38 / 7·3)
	19	9		7	13	11	6
	8	20		10	10	7	10
	11	17		4	16	11	6
	12	16		7	13	11	6
	8	20		10	10	11	6
	14	14		10	10	24	6
	14	14		14	6	27	3
	14	14		.	.	.	.
	.	.		.	.	.	.
	.	.		.	.	.	.
12 B.	**152**	**184**	10 B.	**65**	**95**	**160**	**73**

Beachtet man einerseits, dass in Vers. I, wo Blau viel dunkler (also bezüglich der Intensität für unsere Tiere günstiger) als Weiss ist, der Mehr-Besuch des Blau nur ein sehr geringer ist (bei der Hälfte der Beobachtungen herrschte völlige Frequenzgleichheit) und andererseits dass in Vers. III, wo Weiss nur wenig (möglicherweise gar nicht!) dunkler als Blau war, ersteres einem auffallend starken Überbesuch aufweist, so kommt es mir im höchsten Grade wahrscheinlich vor, dass der Küchenschabe bei gleicher Helligkeit das Weiss beträchtlich angenehmer als das Blau erscheint.

Das Mittel aus II und III ist:

$$17)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Blau m. uv.}} \left(\frac{9}{7}\right) = \frac{1}{0{\cdot}7}.$$

Probeversuche mit partieller Belichtung.

Da die Küchenschabe einerseits, wie wir gesehen haben, sehr farbenempfindlich ist, und andererseits, wie allgemein bekannt, einen sehr feinen Geruch hat, so schien mir gerade dieses Insect sehr geeignet, um ein paar Probeversuche über die Farbenreaction desselben bei partieller Belichtung zu machen.

Zu dem Behufe legte ich in eine der Endkammern des langen Troges zwei mit etwas Bier bestrichene Glasstreifen, wovon der eine mit rotem, der andere mit blauem Papier überklebt war, und liess dann bald einzelne bald mehrere (früher ausgehungerte)

Tiere von der entgegengesetzten Endkammer aus, die erwähnten ungleichen Nahrungsplätze aufsuchen.

Das Ergebnis war bisher wenigstens ein total negatives, indem das blaue Bier-Glas, wenn ich mich kurz so ausdrücken darf, im ganzen eben so oft resp. eben so stark wie das rote besucht wurde. Darnach scheint es, dass hier die Farben-Unlust (bei Blau) gegenüber der Riech-Lust ganz in den Hintergrund gedrängt wird. [1])

Im Anschlusse an die Versuchsergebnisse bei Blatta germanica füge ich noch bei, dass die bekannte grössere Blattinen-Form, Periplaneta orientalis, die ich längere Zeit beobachtete, im wesentlichen ein ähnliches Verhalten zeigt.

Stenobothrus variabilis L.

Je 14 bis 30 Individuen. Kleiner Kasten, je 1 Abteilung. Beobachtung ca. alle 10 Minuten. Jedesmal die Lichter vertauscht.

Rot — Blau mit Ultrav.

									Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{6}\right)$	4	2	6	7	15	12	15	**61**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$	10	12	8	22	17	24	19	**112**

Erwägt man, dass unser Grashüpfer entschieden hellliebend ist, so kann die starke Präferenz des (rel. dunkeln) Blau nur in der Qualität ihre Ursache haben.

Das (Minimal-) Verhältnis ist:

$$1)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. u.}} = \frac{1}{1 \cdot 8}.$$

---

[1]) Für weitere Versuche dieser Art würde ich folgende Einrichtung empfehlen. Man construiert sich, etwa aus Pappendeckel oder dünnen Brettchen, eine viereckige Kammer von etwa 5 cm. Seitenlänge, die mit einem abhebbaren durchsichtigen Deckel (aus Glas) versehen ist und auf deren Boden zwei farbige mit Bier oder dgl. überstrichene Vergleichsgläser kommen. An einer Seitenwand und genau in der Mitte zwischen beiden Probegläsern befestigt man dann eine mit schwarzem Papier überzogene etwa 1 dm. lange und 1 cm. weite Glasröhre, die am anderen Ende in ein geeignetes Gefäss einmündet, worin sich die Blatten befinden. Haben diese längere Zeit gefastet, so werden sie sich bald, angelockt durch den aus der andern Kammer strömenden Nahrungsduft, in die Röhre und von da zu den farbigen Gläsern begeben, und da sie wegen der Enge der Röhre sich nur im Gänsemarsch bewegen können, wird man leicht beobachten können, zu welchem der beiden Gläser sie sich beim Eintritt in die Speisekammer zuerst verfügen.

Rot-Grün.

		Je 4 Beob.				Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	38	53	47	57	66	**261**
Dunkel-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. 36}}{225}\right)$	56	67	68	61	61	**313**

Da das stärker besuchte Grün sehr bedeutend dunkler wie das Rot war, ist entschiedene Grün-Präferenz (contra Rot) anzunehmen.

Minimal-Verhältnis

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1\cdot2}.$$

Grün-Blau m. uv.

								Summe
Hell-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	20	16	19	17	16	20	**108**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	16	20	17	17	16	10	**96**

Darnach dürfte den Heuschrecken ein Mehr oder Weniger von Grün oder Blau (beide Medien lassen ja Beides durch) ziemlich gleichgiltig sein und ist mit Rücksicht auf die Helligkeit eher Grün- als Blau-Vorliebe anzunehmen.

$$3)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{1}?$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

	Weiss m. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 15}}{1\cdot7}\right)$	Weiss o. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 15}}{1\cdot5}\right)$
Je 9 B.	132	114
	144	150
	222	190
	184	166
36 B.	**682**	**630**

Präferenz d. Weiss m. uv. 23.

Wenn hier, wie es scheint, eine Vorliebe für das gewöhnliche Weiss besteht, so ist dieselbe jedenfalls nur eine höchst geringe.

$$4)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{1\cdot1}.$$

Pezotettix alpinus Koll.

Beobachtungsbedingungen wie bei Stenobothrus.

$$1)\ \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \left(\frac{32}{9}\right) = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Rot — Blau m. uv.

	I.		II.	
	Hell-Rot (Nr 6 / 6)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)	Dunkel-Rot (Nr. 12 / 225)	Hell-Blau (Nr. 39 / 30)
Je 3 B.	19	29	22	49
	16	30	17	47
	10	18	15	21
	45	**77**	**54**	**117**
	1 :	1·7	1 :	2·2

Namentlich die erste Reihe, in der das dunklere Blau durchgängig stärker wie das hellere Rot besucht war, liefert den Beweis, dass auch diese Heuschrecke entschieden rotscheu resp. blauhold ist.

Das Mittel beträgt:

$$2)\ \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. u.}} = \frac{1}{2}.$$

Gryllotalpa vulgaris L.

Je 5 bis 6 halb ausgewachsene Tiere. Trog mit etwas Erde, je 2 Abteilungen. Beobachtung ca. alle 10 Minuten. Tiere nicht verteilt, aber jedesmal die Lichter vertauscht. [1]

Weiss-Schwarz. (Je 3 Beob.)

							Summe
Weiss	5	2	5	4	3	2	**21**
Schwarz	10	13	10	11	12	8	**64**

Wenn ich diesen Zalen noch beifüge, dass bei im ganzen 18 Beobachtungen die Präferenz 17mal auf das Schwarz fiel, so ist wol hinlänglich erwiesen, dass unsere Tiere wirklich lichtscheu sind. Ihre Lichtscheu scheint aber, wie ich noch ausdrücklich hervorheben will, keineswegs so gross zu sein, wie man mit Rücksicht auf ihre Lebensweise a priori anzunehmen geneigt ist.

---

[1]) Die Tiere wurden täglich 2—3mal mit lebenden Engerlingen gefüttert.

1) $\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{3}$.

Rot-Blau o. uv. [1])

		Je 10 Beob.					Summe 50 B.
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	31	29	35	33	25	**153**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	19	15	21	17	26	**98**

Im völligen Gegensatz zu den Acridiern, welche sich als phengo- und kyanophil erweisen, sind somit die Grabheuschrecken dunkel- und rothold.

Minimalverhältnis:

2) $\frac{\text{Rot}}{\text{Blau o. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}$.

Rot-Blau m. uv.

		Je 2 B.						Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	14	16	11	13	11	14	**114**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$	8	6	7	5	7	4	**56**

Die für ein Dunkeltier wirklich überraschende Vorliebe für das relativ so helle Rot (contra Blau) tritt hier noch schärfer zu Tage und muss angesichts obiger Zalen jeder Zweifel schwinden, dass die Werre factisch gerade den entgegengesetzten Farbengeschmack wie die Grashüpfer besitzt.

Ferner beachte man, dass hier das Ultraviolet keinen merklichen Unterschied macht.

3) $\frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}$.

Rot-Grün.

		(Je 10 Beob.)						Summe 60 B.
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	28	31	38	37	33	28	**195**
Dunkel-Grun	$\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	22	19	22	20	27	14	**124**

[1]) Strenge genommen Blau mit rel. sehr wenig Ultraviolet, da das Medium Nr. 43, wie ich schon seinerzeit bemerkte, keineswegs die dunkeln chemischen Stralen vollkommen absorbiert.

Da die aus je 10 Beobachtungen bestehenden 6 Summen beim Rot (trotz der grösseren Helligkeit) durchgehends grösser als beim Grün sind, kann an der Vorliebe für das erstere wol nicht gezweifelt werden.

Minimalverhältnis:

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Grün-Blau m. uv.

					Summe
Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. }35}{15}\right)$	11	11	9	11	42
Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. }39}{900}\right)$	5	5	7	5	22

Erwägen wir, dass das stärker besuchte Grün sehr viel heller $\left(\frac{15}{900}\right)$ als das Blau ist, so ist klar, dass unseren Tieren ersteres als solches weit besser wie letzteres gefällt.

$$5)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. ultrav.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Grün	Blau o. uv.	Blau m. uv.
1	0·6	0·6	0·5 }
	0·6	—	0·3 }

Wegen ihrer grossen Lichtempfindlichkeit kann Gryllotalpa für weitere Untersuchungen nicht genug empfohlen werden.

---

3. Neuroptera.

Panorpa communis L.

Je 10 bis 30 Individuen. Glasrohr Nr. 1. Beobachtung alle 14 Minuten. Jedesmal die Tiere verteilt und die Lichter (durch Umkehren des Rohres) vertauscht.

Rot-Blau m. uv.

	I.		II.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)	Dunkel-Rot (Nr. 11 / 225)	Hell-Blau (Nr. 38 / 8)
Je 2 B.	20	12	7	7
	17	17	9	7
	26	12	11	6
	24	12	8	5
	18	6	10	5
	26	17	13	2
	22	19	11	4
	153	**95**	**69**	**36**
	1 :	0·6	1 :	0·5

Da Rot, mochte es heller oder dunkler als Blau sein, stärker als letzteres besucht war, ist jedenfalls ausgesprochene Rot-Lust resp. Blau-Scheu vorhanden.

Das Mittel-Verhältnis ist

$$1)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Rot-Grün.

						Summe
Hell-Rot	(Nr. 10 / 15)	12	14	16	15	**57**
Dunkel-Grün	(Nr. 35 / 15)	7	9	6	5	**27**

Rot wird demnach auch contra Grün vorgezogen.

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

4. Rhynchota.

Notonecta glauca L.

Je 20 Individuen. Blechkasten mit Wasser, je 1 Abteilung. Beobachtung ca. alle 10 Minuten. Tiere nicht verteilt [1]), aber jedesmal die Lichter vertauscht. 6. bis 15. September.

---

[1]) Wegen der bekannten grossen Beweglichkeit dieser Wasserwanzen ist eine Verteilung überflüssig.

Helligkeitsgefühl.

W e i s s - S c h w a r z.

Je 2 Beob.								Summe
Weiss	17	22	27	29	28	28	30	**181**
Schwarz	23	18	13	11	12	12	10	**99**

Präferenz des Weiss: $\frac{11}{14}$. [1]

Der Rückenschwimmer ist demnach ein entschieden leukophiles Tier.

1) $\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}5}$.

Farbengefühl.

R o t - B l a u m. uv.

	I.		II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$
	8	12	7	13
	8	12	2	18
	7	13	1	19
	8	12	8	12
	6	14	4	16
	9	11	5	15
	4	16	6	14
	3	17	7	13
	8	12	4	16
	6	14	5	15
10 B.	**67**	**133**	**49**	**151**

Wie man sieht, zieht der Rückenschwimmer gegen seinen Helligkeitsgeschmack in auffallendster Weise das Blau dem Rot vor.

Minimal-Verhältnis

2) $\frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{2{\cdot}5}$.

---

[1]) Heisst: Bei 14 Beobachtungen 11mal das Plus der Besucher im Weiss.

Rot-Grün.

	I. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	I. Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	II. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	II. s. Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 36}}{225}\right)$
Je 4 B.	27	53	34	46
	33	47	44	36
	34	42	27	47
	33	47	28	52
	43	37		
	170	**226**	**133**	**181**
	1 :	2·0	1 :	1·3

Auch hier findet mit Überwindung des Helligkeitsgefühles entschiedene Grün-Präferenz statt; die Vergleichung der beiden Parallel-Reihen lehrt aber, dass mit der sinkenden Intensität der Lieblingsfarbe auch die Präferenz derselben sich verringert.

Minimal-Verhältnis:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{2}.$$

Grün-Blau o uv.

						Summe
Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	17	15	18	20	20	**90**
Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	23	25	22	20	20	**110**

Der Unterschied zwischen der Grün- und Blau-Frequenz ist zwar nicht gross, mit Rücksicht auf die geringe Intensität des Blau muss aber, wie ich glaube, das Plus der letzteren doch im Sinn einer Präferenz erklärt werden.

Minimal-Verhältnis

$$4)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau o. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}2}.$$

Weiss ohne — Weiss m. uv.

					Summe
Weiss o. uv. (Nr. 5*)	3	6	4	7	**20**
Weiss m. uv. (1)	17	14	16	13	**60**

Der Versuch lehrt, dass der Rückenschwimmer gegen Ultraviolet sehr empfindlich ist.

$$5)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m uv.}} = \frac{1}{3}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Grün	Blau o. uv.	Blau m. uv.
1	2	—	2·5
	2	2·4	—
		2·4	7·2 [1]

Mormidea nigricornis Ger.

6—20 Tiere. Kleiner Kasten, je 1 Abteilung. Lichter jedesmal vertauscht. Expositionszeit ca. 10 Minuten. 26. Juli bis 30. August.

Weiss-Schwarz.

								Summe
Weiss	19	18	21	22	26	18	17	**141**
Schwarz	15	17	19	18	24	22	23	**138**

Darnach ist die Baumwanze ein Tier, das selbst gegen sehr grosse Helligkeitsdifferenzen vollkommen gleichgiltig ist, und will ich gleich noch beifügen, dass eine unserer gemeinsten Wanzen, nämlich Pyrrhocoris apterus L. sich ebenso verhält. [2])

$$1) \quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1}.$$

Rot-Blau m. uv.

		Je 10 Beob.				Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{6}\right)$	29	48	80	76	**233**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 40}{900}\right)$	74	89	90	124	**377**

$$\text{Präferenz des Blau} = \frac{32}{40}.$$

Mit Rücksicht auf diese Zalen und auf die Helligkeits-Indifferenz unseres Tieres unterliegt es wol keinem Zweifel, dass es zwischen Blau und Rot unterscheidet resp. ersteres letzterem vorzieht.

Demnach kommt es nicht nur vor, dass Tiere bei grosser Helligkeits-Empfindlichkeit farbengleichgiltig oder chromopsychrotisch sind, sondern es findet sich auch (wie eben hier) der umgekehrte Fall, dass ein gegen Hellig-

[1]) Statt Weiss interpoliert.

[2]) Auch Corixa, Pentatoma, Aelia u. a. Hemipterengattungen sind mehr weniger phengopsychrotisch.

keitsdifferenzen gleichgiltiges oder wie] ich es nenne ein phengopsychrotisches Tier sehr farbenempfindlich oder chromopathisch ist.

2) $\frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{1\cdot6}$.

Tettigonia viridis Fieb.

Je 40 bis 60 Individuen. Glasrohr Nr. 2. Beobachtung ca. jede Stunde. Jedesmal Tiere verteilt und Lichter vertauscht, u. zw. durch Umkehren des Gefässes. 13. bis 16. September. [1])

Weiss-Schwarz.

					Summe
Weiss	46	52	46	50	**194**
Schwarz	14	8	14	10	**46**

Unsere Zirpe ist demnach ein leukophiles Insect.

1) $\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0\cdot2}$.

Rot-Blau m. uv.

I.			II.	
Hell-Rot	Dunkel-Blau		Dunkel-Rot	Hell-Blau
(Nr. 6 / 5)	(Nr. 40 / 900)		(Nr. 11 / 2500)	(Nr. 39 / 30)
40	20	Je 3 B.	76	84
41	19		85	65
38	22		99	51
44	6		106	44
43	7		98	52
			75	25
206	**74**		**539**	**321**
1 :	0·3		1 :	0·6

Beachtet man, dass in Reihe II das mit Ausnahme eines einzigen Falles durchgehends stärker besuchte Rot sehr viel dunkler wie das Blau war, so unterliegt es wol keinem Zweifel, dass Tettigonia ausgesprochen rotliebend ist.

---

[1]) Von diesen gemeinen Kleinzirpen sammelte ich mit einem Streifsack eine grössere Menge (wenigstens 1000 Stücke) und gab sie in einen grossen Glassturz, aus dem ich dann von Zeit zu Zeit die zum Versuch nötige Anzal herausnahm. Meist wurden nach 5 Ablesungen die Tiere gewechselt.

Das Mittel beträgt

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0\cdot 4}.$$

Grün-Blau m. uv.

					Summe
Dunkel-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. } 36}{225}\right)$	44	35	40	**119**
Hell-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$	6	15	10	**31**

Ebenso wie das Rot zieht die Zirpe auch das Grün (abermals s. dunkel) dem Blau vor, ja es scheint, dass ihr Grün noch angenehmer als Rot ist. [1])

Minimal-Verhältnis

$$3)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0\cdot 3}.$$

---

5. Hymenoptera.

Biene (Apis mellifica L.).

Durchschnittlich 40 bis 60 Individuen. [2]) Kleiner Kasten, je 1 Abteilung. Beobachtung bei directem Sonnenlicht, meist alle 5 bis 10 Minuten. Jedesmal die Lichter vertauscht. 20. Juni bis 15. August.

Helligkeitsgefühl.

Weiss-Schwarz.

					Summe
Weiss	35	48	50	40	**173**
Schwarz	15	12	10	8	**45**

Wie schon von vorne herein zu erwarten war, ist die Biene nach diesem Ergebnis ein phengophiles Tier; die Helligkeitslust ist aber

---

[1]) Leider wurde ich an der weiteren Fortsetzung der sehr viel versprechenden Untersuchungen an diesem Tiere durch den unerwarteten Eintritt schlechter Witterung gehindert.

[2]) In dem relativ engen Kasten werden die Tiere meist schon nach 1—2 Stunden flugunfähig und müssen durch neue ersetzt werden. Ich entnahm dieselben (mittelst eines weiten Glasrohres) einem Bienenstock, den mir der Inspector der hiesigen erzbischöflichen Residenz freundlichst zur Verfügung stellte.

keineswegs eine besonders grosse, während die Feinheit der Helligkeitsunterscheidung, wie sich später gelegentlich zeigen wird, ziemlich bedeutend erscheint.

1) $\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}3}$.

Farbengefühl.

Rot-Blau m. uv.

	I.		II.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)	Dunkel-Rot (Nr. 11 / 225)	Hell-Blau (Nr. 39 / 30)
	6	15	4	18
	6	24	8	20
	2	14	6	18
	4	11	7	14
	2	12	5	11
	1	8	4	9
	2	6	1	4
	0	4	0	3
	0	3	0	2
Todte Tiere	2	25	3	23
	25	**122**	**38**	**122**
	1 :	5	1 :	3

Bei diesen beiden im ganzen eine Zeit von 5 Stunden umfassenden Parallelversuchen wurden die Tiere ganz sich selbst überlassen und auch die Lichter nicht vertauscht. Man ersieht aus den einzelnen Frequenzziffern, wie die Tiere nach und nach absterben d. h. wie die Zal der Lebenden sich stetig vermindert und gibt die letzte Horizontalcolumne die Zal der Todten nach Abschluss des Versuches an.

Das Resultat lässt an Deutlichkeit wol nichts zu wünschen übrig, insoferne das Blau durchgehends auffallend stärker als das Rot besucht wurde und zwar auch in dem Fall, wenn es weit dunkler als letzteres war.

Überhaupt wolle man noch beachten, dass der Helligkeitsgeschmack gegenüber der Farbenwirkung gar nicht zur Geltung kommt, dass also mit anderen Worten die Reactions-Resultierende (innerhalb der angegebenen Helligkeitsgränzen) nur durch die Farben-Componente bestimmt wird.

Das Minimal-Verhältnis ist

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{5}.$$

Rot — Violet mit und ohne Ultrav.

I.		II.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Violet m. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 45}}{1000}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Violet o. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 45**}}{900\,000}\right)$[1]
2	38	10	30
4	36	16	24
10	40	12	28
3	12	18	22
19	**126**	**56**	**104**
1 :	6·6	1 :	2

Reihe I lehrt zunächst, dass das obige Verhältnis 2) in der Tat nur der Ausdruck für das Minimum der Blau-Präferenz ist, da hier bei noch grösserer Dunkelheit des Blau die Frequenz eine stärkere ist. Ferner sieht man, dass selbst eine beträchtliche Änderung der Blau-Qualität (gegenüber Rot) keine wesentliche Abweichung des Reactionserfolges bewirkt.

Was dann die relativ geringe Frequenz des Violet in Reihe II anlangt, so ist diese Depression offenbar eine Wirkung der ganz ausserordentlich verminderten Helligkeit.

Man übersehe aber nicht, dass auch hier das Blau, obwol es ca. 100.000mal dunkler wie Rot ist, letzterem dennoch in der entschiedensten Weise vorgezogen wird.

Minimal-Verhältnis

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Violet}} = \frac{1}{6}.$$

---

[1]) Nr. 45** = Nr. 43 nebst drei Lagen Nr. 39. Lässt nur das äusserste sichtbare Violet durch.

Rot-Gelb.

	I.			II.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	Dunkel-Gelb (Nr. 25 / 17)		Dunkel-Rot (Nr. 10 / 15)	Hell-Gelb (Nr. 24 / 4)
Je 3 B.	46	52	Je 3 B.	11	85
	33	64		25	74
	35	64		37	77
	35	70		40	77
	149	**250**		**113**	**313**
	1 :	1 7		1 :	3

Obzwar hier die Helligkeits-Componente stärker wie oben bei Rot-Blau sich erweist, wiegt doch noch immer der Farben-Einfluss vor, insofern nicht nur das relativ helle sondern auch das dunkle Gelb dem Rot (regelmässig) vorgezogen wird.

Das Mittel ist ca.:

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{2}.$$

Gelb-Grün.

									Summe
Dunkel-Gelb	(Nr. 27 / 272)	18	2	20	8	28	10	30	**116**
Hell-Grün	(Nr. 35 / 15)	2	18	20	30	10	28	7	**115**

Man beachte, dass die Präferenz fast regelmässig (der Vertauschung der Lichter entsprechend) bald auf das Gelb bald auf das Grün fällt, und dass die Frequenzsummen ganz gleich sind. Darnach dürften den Bienen die in Rede stehenden Farben ziemlich gleichgiltig sein.

$$5)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1}.$$

Grün-Violet.

						Summe
Hell-Grün	(Nr. 35 / 15)	5	6	7	6	**24**
Dunkel-Violet	(Nr. 45 / 1000)	19	18	17	18	**72**

Minimal-Verhältnis:

$$6)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Violet}} = \frac{1}{3}.$$

Die ausserordentliche Vorliebe für das kurzwellige Licht zeigt sich also auch dem Licht mittlerer Wellenlänge gegenüber.

Ungewöhnlich viele Versuche machte ich dann ferner bezüglich verschiedener Blau-Qualitäten: ich teile hier aber nur im Auszuge die allerwichtigsten mit.

a) Reines Blau mit wenig Ultrav. — Unreines Blau mit viel Ultrav.

r. Hell-Blau m. w. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	14	20	5	10	**49**
ur. Dunkel-Blau m. v. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 40}}{900}\right)$	30	26	10	20	**86**

$$7)\quad \frac{\text{r. Blau m. w. uv.}}{\text{ur. Blau m. v. uv.}} = \frac{1}{2}.$$

Das unreine resp. mehr weissliche Blau wird demnach dem reinen entschieden vorgezogen.

b) r. Blau — Blau m. Violet.

r. Hell-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	20	24	22	**66**
Dunkel-Blau-Viol.	$\left(\frac{\text{Nr.45*}}{36000}\right)$ [1]	15	20	22	**57**

Zwischen diesen zwei Blaugattungen scheinen die Bienen wenig Unterschied zu machen.

c) r. Blau mit — und ohne Ultraviolet. [2])

I.		II.	
Dunkel-Blau o. uv.	Hell-Blau m. uv.	Hell-Blau o. uv.	Dunkel-Blau m. uv.
$\left(\frac{\text{Nr. 46}}{60}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 46}}{60}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 45}}{1000}\right)$
9	30	10	20
10	32	5	23
5	37	7	30
6	36	10	26
3	35	10	18
33	**170**	**42**	**117**
1 :	5	1 :	2·8

[1]) Nr. 45* = Nr. 43 mit 2 Lagen Nr. 39.

[2]) Man beachte, dass bei den angewendeten Absorptionsmedien der Unterschied im Ultravioletgehalt nur ein geringer ist.

Darnach dürfen wir annehmen, dass **ultraviolethältiges Blau** (resp. **Weiss**) die **absolute Lieblings-**, dagegen **Rot** die **absolute Unlustfarbe der Biene** ist.

Rot-Gelb-Grün-Blau

(bei jedesmaliger Vertauschung der Lichter).

	Rot	Gelb	Grün	Blau m. uv.
	(Nr. 7 / 36)	(Nr. 25 / 17)	(Nr. 35 / 15)	(Nr. 39 / 30)
Je 2 B.	16	21	19	62
	18	24	20	38
	20	12	11	50
	6	7	11	105
	9	10	15	81
	5	12	11	52
	1	3	2	50
	75	**89**	**89**	**438**
	1	1·2	1·2	5·5

Dieser Versuch zeigt zunächst wieder, u. zw. in evidenter Weise, dass Blau, welches bei gar allen Beobachtungen weitaus am stärksten frequentiert war, in der Tat die absolute Lieblingsfarbe ist.

Vorstehende Zalen stimmen aber auch insofern mit den früheren überein, als Rot etwas weniger wie Gelb und Grün besucht wurde.

Sehen wir nun zum Schlusse, inwieweit die oben mitgeteilten Resultate **Lubbock's** mit den von uns erhaltenen Reactionszalen harmonieren.

Lubbock notiert (vgl. pag. 23, 1) folgende Zalen, die bekanntlich den eigentlichen Frequenzsummen umgekehrt proportional sind.

	Rot	Gelb	Grün	Blau	Weiss
	413	405	427	275	349
d. i. nach unserer Darstellung:	1	1·02	0·96	1·5	1·19

Man sieht auf den ersten Blick, dass sich die Übereinstimmung nur darauf erstreckt, dass das Blau auch bei Lubbock die grösste Frequenz aufweist. Sein Präferenz-Quotient des Blau (1·5) ist aber jedenfalls nicht der richtige Ausdruck für das betreffende Farbengefühl, da wir als Minimal-Quotienten die Zalen 6 und 18 (!) erhielten.

Ganz wertlos ist aber dann das Ergebnis des L. Versuches in Bezug auf das Verhältnis zwischen Weiss und Blau, insofern nach ihm Weiss nur wenig mehr als die Unlustfarbe Rot besucht war,

während es in Wirklichkeit sogar dem Blau (vgl. pag. 173 Verhältnis 10) in entschiedenster Weise vorgezogen wird.

Ebenso muss ich auf Grund meiner Versuche Lubbocks Folgerungen bezüglich der relativen Frequenz von Rot, Gelb und Grün als dem tatsächlichen Verhalten nicht entsprechende bezeichnen, insbesondere dass Grün dem Rot nachgesetzt werden soll.

Es könnte nun freilich eingewendet werden, dass die Farben bei der von Lubbock angewendeten Methode der partiellen Belichtung überhaupt z. T. anders als bei totaler Belichtung wirken. Indem ich aber einerseits die Möglichkeit zugebe, dass dies gelegentlich in der Tat vorkommen kann, muss ich andererseits doch neuerdings und nachdrücklich betonen, dass die mittelst der erstgenannten Methode erzielten Reactionen einzig nur unter der Bedingung als reiner Ausdruck der Wirkung des Lichtes angesehen werden dürfen, wenn früher durch entsprechende Controlversuche der Beweis erbracht wird, dass die gewissen reactiven Bewegungen nicht durch Einwirkungen anderer Art bedingt resp. beeinflusst werden.

Eines muss man aber auf Grund der Vergleichung meiner Resultate mit denen Lubbocks auf alle Fälle zugeben, dass nämlich die Methode der totalen Belichtung weit eher und sicherer zum gesteckten Ziele führt als die der partiellen, und dass den mittelst des letzteren Verfahrens erhaltenen Reactionszalen nur ein sehr bedingter Wert beizulegen ist. [1])

Ameise (Tetramorium caespitum L. ☿).

Glasrohr Nr. 2. Beobachtung ca. jede Stunde, Lichter vertauscht.

Obwol eine eingehendere Prüfung des Licht-Verhaltens der Ameisen nicht im Plane meiner Arbeit lag, so glaubte ich doch wenigstens ein paar Versuche machen zu sollen, und teile ich die Ergebnisse derselben schon darum mit, weil sie z. T. nämlich in Bezug auf die nähere Berücksichtigung des Helligkeitseinflusses, eine Ergänzung der Lubbock'schen Studien bilden.

---

[1]) Bezüglich der einschlägigen neuesten Versuche H. Müllers, nach denen u. A. bei der Wal zwischen roten und blauen (natürlichen) Blumenfarben die Schattierung (resp. Zeichnung) ausschlaggebend sein soll, kann ich hier neuerdings nur bemerken, dass mir dieselben aus mehrfachen Gründen nicht beweiskräftig erscheinen.

Weiss-Schwarz.

I. Rohr mit Erde [1]) u. Larven.		II. Rohr m. Erde ohne Larven.		III. [3]) Rohr o. Erde u. o. Larven.	
Weiss	Schwarz	Weiss	Schwarz	Weiss	Schwarz
70 [2])	210	70	120	78	22
70	210	50	250	70	30
70	210	50	250	72	28
70	210	70	120	77	23
280	**840**	**240**	**740**	**297**	**103**
Approx.: 1 :	4	1 :	3	1 :	0 3

Diese drei Parallelversuche lehren, dass sich die Ameisen gegenüber Weiss-Schwarz (und wol gegen Licht überhaupt) sehr verschieden verhalten, je nachdem sie mit ihrem gewöhnlichen Medium (der Erde) resp. mit ihrer Brut in Contact sich befinden oder nicht.

In Contact mit der Erde ziehen sie nämlich in entschiedenster Weise das Dunkel dem Hell vor, während sie im leeren Glasgefäss nicht etwa nur, wie Lubbock angibt, sich gleichgiltig verhalten, sondern (in unserm Falle) geradezu das Weiss präferieren.

Leider erlauben mir meine Versuche nicht zu sagen, ob diese Weiss-Präferenz eine constante und allgemeine ist, und will ich mich daher vorläufig auch nicht in die Erörterung der Frage nach dem Grunde dieser höchst auffallenden Erscheinung einlassen. [4])

$$1) \quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} \left(\begin{matrix}\text{mit}\\ \text{Erde}\end{matrix}\right) = \frac{1}{4}.$$

Bei allen folgenden Versuchen befand sich im Glasrohr ausser Erde stets auch eine grössere Zal von Larven und sei gleich im Vorhinein bemerkt, dass sich im Allgemeinen die Imagines in der Nähe der unentwickelten Tiere aufhielten. die Verteilung der ersteren somit im Wesentlichen mit jener der letzteren zusammenfällt.

---

[1]) Es wurde in das horizontal liegende Rohr so viel Erde gegeben, dass der Boden desselben vollkommen (u. zw. etwa 2 cm. hoch) damit bedeckt war.

[2]) Hier und in der Folge beruhen die angegebenen Frequenz-Werte nur auf Schätzung, nicht auf genauer Zälung und beziehen sich ausschliesslich nur auf die Imagines, nicht auf die Larven und Puppen.

[3]) Die Werte dieser Columnen sind ganz genau.

[4]) Zur Entscheidung dieser Fundamentalfrage sind jedenfalls neue und speciell auf diesen Punkt gerichtete Experimente nötig, wobei auch der Fall zu prüfen ist, wenn die Ameisen im sonst leeren Glasgefäss mit ihren Larven, resp. Puppen beisammen sind.

Farbengefühl.

Rot-Blau mit Ultrav.

Hell-Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 400)		Hell-Rot (Nr. 6 / 5)	s. Dunkel-Blau (Nr. a / 500000)[1]
250	50		260	40
240	60		280	40
490	**110**		**540**	**80**
1 :	0·2		1 :	0·2

$$2) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0·2}.$$

Der Versuch bestätigt Lubbocks Ergebnisse insoweit, als in der Tat selbst ein äusserst dunkles Blau contra Rot in der auffallendsten Weise gemieden wird, und der Helligkeitsgeschmack gegenüber dem Qualitätseinfluss gar nicht zur Geltung kommt.

Reines Rot — unreines Rot (z. T. mit Blau und Grün).

I.		II.		III.	
Hell-r. Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-Blau (Nr. b / 400)[2]	Hell-r. Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-unr. Rot (Nr. c / 900000)[3]	Hell-r. Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-unr. Rot (Nr. d / 20 Mill.)[4]
270	30	50	250	20	280
260	40	40	260	10	290
530	**70**	**90**	**510**	**30**	**570**

Der Versuch I. beweist zunächst, dass auch ultraviolet- und violetloses Blau dem reinen Rot gegenüber (und zwar bei für den Blaubesuch sehr günstigen Helligkeitsverhältnissen) gemieden wird, oder anders ausgedrückt, dass die Ameisen das kurzwellige Licht auch dem von mittlerer Wellenlänge vorziehen.

---

[1]) Nr. a = 7 Lagen blaues Glas Nr. 38, geben Violet.

[2]) Nr. b = 2 Lagen blaues Glas Nr. 38 nebst einem hellgelben Glas Nr. 17. Die Composition erscheint (dunkel) weisslich-blau und lässt etwas Rot, wenig Gelbgrün und ziemlich viel mittleres Blau durch.

[3]) Nr. c = 3 Lagen dunkelblaues Glas Nr. 39 und ein dunkelgelbes Glas Nr. 28. Der ganze Satz gibt ein sehr gedämpftes eigentümliches Rot (äusserstes Rot mit etwas Gelb und Grün).

[4]) Nr. d = 3 Lagen dunkelblaues Glas Nr. 39 und 2 Lagen dunkelgelbes Glas Nr. 28. Die ganze (nahezu undurchsichtige) Composition gibt, gegen die Sonne gehalten, ein sehr gedämpftes Rot (äusserstes Rot und eine Spur Gelb-Grün).

Was dann die Versuche II. und III. betrifft, so ist die Präferenz des unreinen Rot contra reinem Rot teils durch die grosse Dunkelheit des ersteren, teils durch den Umstand zu erklären, dass die Qualität der vorgezogenen Farbe von jener des reinen Rot nur wenig verschieden ist.

Rot-Gelb.

I.		II.	
Hell-Rot	Dunkel-Gelb	Dunkel-Rot	Hell-Gelb
(Nr. 6 / 5)	(Nr. 30 / 15000)	(Nr. 10 / 50)	(Nr. 17 / 2·1)
60	240	230	70
70	230	230	70
130	**470**	**460**	**140**

Wie man sieht, gibt hier die Helligkeit den Ausschlag, indem das einemal das Dunkel-Gelb, das anderemal das Dunkel-Rot vorgezogen wird, und waren demnach meine früheren Bemerkungen bezüglich der Mangelhaftigkeit der Lubbockschen Versuche nicht unbegründet. Bei Versuch II. kommt aber auch noch in Betracht, dass das gemiedene helle Gelb ziemlich viel langwelliges Licht enthält. [1])

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{1}\,?$$

Rot-Grün.

I.		II.	
Hell-Rot	Dunkel-Grün	Dunkel-Rot	Hell-Grün
(Nr. 6 / 5)	(Nr. 37 / 3375)	(Nr. 10 / 50)	(Nr. 31 / 6)
100	200	250	50
150	150	260	40
250	**350**	**510**	**90**
1 :	1·4	1 :	0·2

Da (das völlig homogene) Grün in V. I. sehr bedeutend dunkler als Rot war und trotzdem dem Rot nur wenig vorgezogen wurde (die Larven waren ziemlich gleichmässig über beide Farbenfelder verteilt), so dürfen wir wol annehmen, dass den Ameisen das reine (blau-lose) Grün als solches minder angenehm wie das Rot ist, und bilde ich hier das Verhältnis in der üblichen Weise.

---

[1]) Zur Zeit, als ich diese Versuche machte, war ich leider noch nicht auf den allerdings sehr naheliegenden Gedanken gekommen, die Helligkeitsdifferenzen durch Abdämpfen des weissen Lichtes (mit Seidenpapier etc.) zu erzeugen.

$$4)\ \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Gelb-Grün.

					Summe
Gelb	$\left(\frac{\text{Nr. 18}}{4{\cdot}4}\right)$	150	150	150	**450**
Grün	$\left(\frac{\text{Nr. 31}}{5{\cdot}8}\right)$	150	150	150	**450**

Da hier die beiden Vergleichsfarben nahezu gleich hell gewählt wurden und selbst nach mehrtägiger Einwirkung kein merklicher Unterschied in der Verteilung der Tiere (und Larven) constatiert werden konnte, darf wol angenommen werden, dass den Ameisen diese zwei Farben, die übrigens beide viel Blau enthalten und sich wesentlich nur durch ein Plus resp. Minus von Rot und Gelb unterscheiden, ziemlich gleichgültig sind.

$$5)\ \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1}?$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

					Summe
Weiss o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 5*}}{1{\cdot}2}\right)$	270	260	270	**800**
Weiss m. uv.	(1)	30	40	30	**100**

Der Versuch zeigt aufs evidenteste, dass die Ameisen in der Tat im höchsten Grade ultravioletscheu sind.

$$6)\ \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}1}.$$

Werden, wie ich kurz beifügen will, beide Abteilungen mit demselben hellgelben Glas (Nr. 17) belegt, und vor die eine der Schwefelkohlenstoff gebracht, so gleicht sich, wie zu erwarten war, der obige Frequenzunterschied wieder vollständig aus.

Übersicht der Ergebnisse:

Rot	Gelb	Grün	Blau o. uv.	Blau m. uv.
1	1?	0·4	·0·3?	0·2
	1	1?	—	—
			0·3	0·03

6. Coleoptera.

Chrysomela menthastri Suff.

Je 10 bis 40 Individuen. Trog (meist) je 2 Abteilungen. Beobachtung meist alle 10 Minuten. Nach jeder Ablesung die Tiere in die Mittelstellung gebracht, und (zeitweilig auch) die Lichter vertauscht. 13. Mai bis 3. Juni. [1]

Dieses Insect gehört seiner grossen Lichtempfindlichkeit und auch anderer Eigenschaften wegen zu jenen, die ich am genauesten beobachtete; trotzdem bleiben auch hier noch viele Lücken auszufüllen, die ich an geeigneter Stelle kurz andeuten werde.

Helligkeitsgefühl.

a) Beim weissen Licht.

Weiss-Schwarz.

	Je 13 Tiere.			Je 20 Tiere.			Je 40 Tiere.	
	Weiss	Schwarz		Weiss	Schwarz		Weiss	Schwarz
	3	10		5	15		6	34
	1	12		6	14		6	34
	2	11		4	16		9	31
	1	12		6	14		8	32
	2	11		.	.		9	31
	.			.	.		.	.
5 B.	**9**	**56**	25 B.	**130**	**370**	26 B.	**295**	**725**
	1 :	6·2		1 :	2·8		1 :	2·5

Im Hinblick auf diese Zalen und auf den Umstand, dass bei allen 56 Beobachtungen das Schwarz stärker besucht war, ist es zunächst wol klar, dass unser Käfer, wie übrigens schon sein Aufenthalt im Innern von Blütenköpfen oder in den Blattachseln erwarten lässt, ein sehr lichtscheues oder phengophobes Tier ist.

Die Vergleichung der drei Parallelreihen lehrt dann ferner, dass — worauf ich schon im methodischen Teil hingewiesen habe — die Grösse der Schwarz-Präferenz mit der Zal der sich gegenseitig das Licht verdeckenden Versuchsindividuen abnimmt.

[1] Diese Käfer empfehlen sich für unsere Untersuchungen auch dadurch, dass sie in einem mit entsprechenden Futterpflanzen versehenen Gefäss wochenlange am Leben bleiben. Die meisten meiner Versuche machte ich mit dem gleichen Materiale, das ich mir allerdings nicht ohne Mühe zusammengesucht hatte.

Als Grundverhältnis nehme ich das Mittel:

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{4}.$$

b) Beim farbigen Licht.

Rot.

	I.			II.			III.	
	Hell- $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{50}\right)$	Dunkel- $\left(\frac{\text{Nr. 11}}{50^2}\right)$		Hell- $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{50}\right)$	s. Dunkel $\left(\frac{\text{Nr. 12}}{50^3}\right)$		Hell- $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{50}\right)$	ss. Dunkel- $\left(\frac{\text{Nr. 13}}{50^4}\right)$
	17	13		12	18		17	13
	13	17		16	14		18	12
	12	18		14	16		14	12
	17	13		15	15		11	19
	16	14		13	17		14	16
	.	.		.	.		.	.
	.	.		.	.		.	.
13 B.	**219**	**171**	9 B.	**124**	**146**	9 B.	**134**	**132**
	1 :	0·8		1 :	1·2		1 :	1

Bei der grossen Helligkeitsempfindlichkeit in der Weiss-Schwarz-Reihe ist es höchst bemerkenswert, dass die Tiere auf Intensitätsdifferenzen bei Rot offenbar soviel wie gar nicht reagieren.

Wahrscheinlich steht diese Helligkeitsgleichgültigkeit bei Rot damit im Zusammenhang, dass diese Farbe, wie sich zeigen wird, die erklärte Lieblingsqualität unserer Käfer ist, ihnen sonach ein Plus dieses Lichtes minder unangenehm erscheint als beim Weiss, welches viel von dem ihnen verhassten Blau und Ultraviolet enthält.

Leider kam ich nicht dazu, die Empfindlichkeit für entsprechende Helligkeitsdifferenzen des Weiss und Blau zu prüfen.

$$2)\quad \text{Rot}\ \frac{\text{Hell (50)}}{\text{Dunkel (50}^4\text{)}} = \frac{1}{1}.$$

Farbengefühl.

Rot-Blau mit Ultrav.

													12 B.
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	13	10	13	12	12	13	24	19	21	25	24	26	**212**
Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 40}}{900}\right)$	0	3	0	1	1	0	6	11	9	5	6	4	**46**

Da Chrysomela, wie wir oben erfuhren, lichtscheu ist und gleichwol das Hell-Rot durchaus stärker als das Dunkelblau besucht, steht es wol ausser Zweifel, dass wir es wieder mit einem rotholden Tier zu tun haben.

Minimal-Verhältnis:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Rot — Blau. Viol. ohne Ultraviolet.

						Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	26	20	20	24	**90**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 57}}{33}\right)$[1]	2	8	8	4	**22**

Das Rot wird demnach nicht nur dem ultraviolethältigen, sondern auch dem ultravioletfreien Blau (i. w. S.) vorgezogen.

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau (i. w. S.) o. uv}} = \frac{1}{0{\cdot}24}.$$

Rot — Blau (i. e. S. o. Viol. u. Ultrav.)

								Summe 13 B.
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 10}}{50}\right)$	16	18	17	19	24	. . .	**240**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 42}}{2320}\right)$	14	12	13	11	6	. . .	**150**

Auch dieser Versuch spricht in entschiedenster Weise für die Rot-Präferenz, doch erreicht dieselbe hier nicht den hohen Grad wie dem violethältigen Blau gegenüber; oder mit andern Worten: es nimmt die Präferenz mit der gegenseitigen Annäherung der beiden Vergleichsfarben ab.

Minimal-Verhältnis

$$5)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau i. e. S.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Rot - Gelb.

						Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	19	15	24	20	**78**
Dunkel-Gelb	$\left(\frac{\text{Nr. 29}}{625}\right)$	11	15	6	10	**42**

---

[1]) Nr. 57 (vgl. Tabelle) = 1 blaues Glas Nr. 39 mit einer 4 cm. dicken Lage S_2C.

Obwol sich das dunkle Gelb nur durch den Gehalt von etwas Gelb und wenig Grün vom reinen Rot (Orange) unterscheidet, sind unsere Käfer gegen diese Differenz doch sehr empfindlich, indem sie fast durchaus das reine Rot vorziehen.

Minimal-Verhältnis

$$6)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Rot-Grün.

	I.			II.	
	Hell-Rot	Dunkel-Grün		Dunkel-Rot	Hell-Grün
	(Nr. 6 / 5)	(Nr.31* / 34) [1]		(Nr. 6* / 25) [2]	(Nr. 36 / 6)
	9	11		15	5
	15	5		10	10
	13	7		14	6
	14	6		13	7
	14	6		9	11
	.	.			
	.	.			
Beob. 13	**183**	**101**	Beob. 5	**61**	**39**
Präf. 11	1 :	0·6	Präf. 3	1 :	0·6

Wie sich zeigt, tritt die Dunkel-Vorliebe gegenüber der Grün-Scheu vollkommen in den Hintergrund, indem Hell-Grün und Dunkel-Grün gleich stark gemieden werden.

$$7)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Gelb-Grün.

	I.			II.	
	Hell-Gelb	Dunkel-Grün		Dunkel-Gelb	Hell-Grün
	(Nr. 17 / 2·1)	(Nr. 36 / 225)		(Nr. 28 / 25)	(Nr. 31 / 6)
	12	8		18	2
	10	10		18	2
	3	17		19	1
	7	13		20	0
	12	8		14	6
	.	.		.	.
	.	.		.	.
11 B.	**81**	**139**	11 B.	**153**	**47**
	1 :	1·7		1 :	0·3

[1]) Nr. 31* = 2 Lagen Nr. 31.
[2]) Nr. 6* = 2 Lagen Nr. 6.

Hier ist scheinbar die Helligkeit ausschlaggebend, man beachte aber, dass sowol das gemiedene Hell-Gelb als das Hell-Grün mehr von dem unseren Tieren sehr unangenehmen Blau enthält.

Als Mittel ergibt sich

$$8)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}5}\,?$$

Gelb—Blau mit Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. }17}{2}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. }40}{900}\right)$		Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. }29}{625}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$
	23	7		17	3
	21	9		17	3
	20	0		13	7
	19	1		15	5
	15	5		.	.
	.	.		.	.
9 B.	**157**	**43**	7 B.	**110**	**30**
	1 :	0·27		1 :	0·29

Obwol das Gelb dem reinen Rot gegenüber (namentlich das helle Gelb wegen seines starken Gehaltes an langwelligem Licht) entschieden gemieden wird, zeigt sich doch contra Blau dieselbe auffallende (und ganz constante) Präferenz wie bezüglich des Rot.

Mittel:

$$9)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}28}.$$

Gelb—Blau ohne Ultrav.

						Summe
Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. }17}{2}\right)$	16	24	17	24		**81**
Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. }57}{33}\right)$	12	4	11	4		**31**

Die Gelb-Frequenz besteht also auch dem ultrav. freien Blau gegenüber.

Minimal-Verhältnis

$$10)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau o. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Grün—Blau mit Ultrav.

								Summe
Hell-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. }31}{6}\right)$	22	26	24	26	27	27	**152**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$	8	4	6	4	3	3	**28**

Also dem Grün vis-à-vis sogar eine grössere Blau-Scheu als contra Rot.

Minimal-Verhältnis

$$11)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}18}.$$

Grün—Blau ohne Ultrav.

						Summe
Hell-Grün	$\left(\frac{\text{Nr. }31}{6}\right)$	19	18	15	17	**69**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. }57}{33}\right)$	1	2	5	3	**11**

Nach diesen Zalen wäre die Grün-Präferenz contra ultrav. freiem Blau sogar grösser als contra ultrav. hältigem.

Minimal-Verhältnis

$$12)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau o. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}16}.$$

Blau—Viol. Ultraviolet.

								Summe
Hell-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. }42}{2320}\right)$	16	13	16	17	20	. . . .	**158**
Dunkel-Violet	$\left(\frac{\text{Nr. }41}{27000}\right)$	4	11	8	7	4	. . . .	**54**

Präferenz des Violet: $\frac{9}{9}$.

Darnach wird das relativ langwellige Blau dem kurzwelligen entschieden vorgezogen.

Minimal-Verhältnis

$$13)\quad \frac{\text{Blau}}{\text{Violet m. ultrav.}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Blau i. w. S. ohne — Blau i. w. S. mit Ultrav.

								Summe
Blau o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. }57}{33}\right)$	17	20	19	20	22	. . . .	**167**
Blau m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. }39}{30}\right)$	9	6	7	6	4	. . . .	**67**

Ultravioletfreies Blau wird von unserem Tier dem ultraviolethältigen ganz regelmässig vorgezogen.

$$14)\quad \frac{\text{Blau o. uv.}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0\cdot4}.$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultrav.

									Summe
Weiss o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 5*}}{1\cdot2}\right)$	16	16	21	23	23	28	27	**154**
Weiss m. uv.	(1)	10	10	5	3	3	20	21	**72**

Wie man sieht, stimmt die Frequenz ganz mit der obigen überein, d. h. Ultraviolet wird in Verbindung mit allen sichtbaren Stralen ebenso stark gemieden wie in der Mischung mit Blau-Violet.

$$15)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{0\cdot5}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau	Blau-Viol.	Blau-Viol.-Ultrav.
1	0·5	0·06	0·6	0·24	0·21
	0·5	0·25	—	0·20	0·14
		0·25	—	—	0·04
			0·6	—	0·18
				0·20	0·08

Die Zusammenstellung zeigt zunächst, dass das ultraviolethältige Blau (resp. das Ultraviolet) die absolute Unlust-Qualität ist. Eine absolute Lustfarbe scheint es dagegen nicht zu geben, da Grün vis-à-vis dem Rot minder, vis-à-vis dem Blau aber weit stärker anziehend als Rot wirkt.

Aus später zu erörternden Gründen wäre gerade bei diesem Tier eine Untersuchung mit Licht interessant, das durch eine Chlorophylllösung geht, also ein Gemisch von Rot, Grün und etwas Gelb bildet.

Mit Rücksicht darauf, dass Chrysomela einerseits (wenigstens beim weissen Licht) die Dunkelheit, andererseits das Rot resp. das Grün liebt, machte ich noch ein paar Versuche, um zu sehen, wie sie sich gegenüber Schwarz-Rot und Schwarz-Grün verhält.

	Schwarz-Rot.			Schwarz-Grün.	
	Schwarz	Rot		Schwarz	Grün
	—	(Nr. 6 / 5)		—	(Nr. 36 / 225)
	15	9		11	13
	9	15		13	11
	12	12		14	10
	11	13		10	14
	13	11		.	.
	.	.		.	.
	.	.		.	.
16 B.	**194**	**190**	13 B.	**184**	**132**

Die erzielten Ergebnisse scheinen mir nicht uninteressant zu sein. So liefert der erste ziemlich lang fortgesetzte Versuch den sicheren Beweis, dass (helles) Rot und Schwarz unserem Käfer ganz gleich angenehm sind. Dies Verhalten gibt Anlass zur Frage, ob die Vorliebe für das Rot nicht vielleicht darauf beruht, dass unserem Tier diese Farbe dunkler als uns resp. schwarz erscheint. Selbstverständlich lässt sich aber die Sache auf Grund der vorliegenden Experimente bei weitem nicht endgiltig entscheiden und wären vor allem noch Vergleichungen des Schwarz mit verschieden intensiven Rot-Lichtern notwendig. [1])

Was dann den zweiten Versuch mit Schwarz-Grün betrifft, so scheint daraus hervorzugehen, dass unserem Käfer das Grün (trotzdem es relativ sehr dunkel ist) weniger angenehm als Schwarz und daher wol auch als Rot ist.

Coccinella globosa Sch.

Je 50 Tiere. Trog je 1 Abteilung. Beobachtung alle 30 Minuten. Jedesmal die Tiere in die Mittellage gebracht.

Weiss-Schwarz.

					Summe
Weiss	25	15	30	20	**90**
Schwarz	25	35	20	30	**110**

Darnach scheint dieser Käfer gegen Helligkeitsdifferenzen sehr gleichgültig zu sein.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

[1]) Würde sich beispielsweise herausstellen, dass ein sehr dunkles Rot stärker als Schwarz frequentiert wird, so wäre damit offenbar erwiesen, dass Rot unserem Tiere nicht schwarz erscheint, resp. dass es seiner Qualität wegen sehr dunkelm Weiss gleichgesetzt, bez. vorgezogen wird.

Rot—Blau mit Ultraviolet.

							Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	33	31	28	35	35	**162**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	17	19	22	15	15	**88**

Coccinella ist also, gleich Chrysomela, entschieden erythrophil und haben wir hier wieder ein Beispiel, dass bei Helligkeits-Indifferenz eine bedeutende Qualitäts-Reaction stattfinden kann.

$$2)\ \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Dytiscus marginalis Sturm.

Je 15—20 Tiere. Blechkasten zur Hälfte mit Wasser gefüllt, je 2 Abteilungen. Beobachtung ca. alle 5 Minuten (da die Tiere sehr rasch herumschwimmen). Jedesmal die Lichter vertauscht.

Weiss-Schwarz.

									Summe
Weiss	6	3	3	1	2	3	0	4	**22**
Schwarz	11	14	16	18	17	16	19	15	**126**

Wie zu erwarten war, ist also Dytiscus ein ausgesprochen weissscheues Insect.

$$1)\ \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{5{\cdot}7}.$$

Rot-Blau.

I.		II.		III.	
Hell-Rot	Dunkel-Blau i. w. S.	Hell-Rot	Dunkel-Violet	Hell-Rot	s. Dunkel-Violet
$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 45*}}{20000}\right)$[1]	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 45**}}{600000}\right)$[2]
15	4	13	3	14	2
16	3	15	1	13	3
19	0	16	0	12	4
17	2	16	0	13	3
14	2	14	2	12	4
.	.	15	1	.	.
.	.	.	.	.	.
10 B. **149**	**32**	12 B. **174**	**18**	11 B. **112**	**48**
1 :	0·2	1 :	0·1	1 :	0·4

[1]) Nr. 45* = Nr. 43 (Blaue Lösung) nebst 2 Lagen dunkelblaues Glas.
[2]) Nr. 45** = Nr. 43 „ „ „ 3 „ „ „

Wie man sieht, ist auch dieser Käfer contra Blau rothold und zwar in noch weit höherem Grade als die früher behandelten.

Man beachte insbesondere, dass Dytiscus, trotz seiner grossen Helligkeitsscheu selbst ein Rot vorzieht, das (Vers. III) cca. 100.000mal intensiver als das Vergleichs-Blau ist. Blaues Licht muss sonach diese Tiere äusserst unangenehm berühren.

Was die Verschiedenheit der einzelnen Blau-Quotienten betrifft, so dürfte diese wol auf gewisse Zufälligkeiten zurückzuführen sein; denn es ist ja nicht einzusehen, warum gerade das Blau in Versuch II das am wenigsten angenehme sein soll.

Minimal-Verhältnis

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. w. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}1}.$$

Blau ohne — Blau mit (wenig) Ultraviolet.

								Summe
Hell-Blau o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 46}}{60}\right)$	13	12	14	12	15	12	**134**
Dunkel-Blau m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 45*}}{20.000}\right)$	3	4	2	4	1	3	**40**

Erwägt man erstens, dass der Ultraviolet-Unterschied dieser beiden Blau nur ein sehr geringer ist und zweitens, dass das vorgezogene Blau mindestens 100mal heller, also in Bezug auf die Quantität ungünstiger wie das andere ist, so muss man zur Einsicht kommen, dass die Ultraviolet-Empfindlichkeit resp. die Ultraviolet-Scheu dieses Insects wirklich eine erstaunlich grosse ist.

$$3)\quad \frac{\text{Blau o. uv.}}{\text{Blau m. w. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

						Summe
Weiss o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 14}}{1{\cdot}1}\right)$	14	10	14	13	**51**
Weiss m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 2}}{3}\right)$	1	5	1	2	**9**

Hier tritt die ungewöhnlich grosse Ultraviolet-Scheu noch klarer hervor.

Minimal-Verhältnis

$$4)\quad \frac{\text{Weiss o. uv. (1·1)}}{\text{Weiss m. uv. (3)}} = \frac{1}{0{\cdot}18}.$$

Bezüglich einiger weiteren Versuche will ich nur noch bemerken, dass unsere Tiere z. B. zwischen Rot und Grün wenig Unterschied machen.

Calandra granaria L.

20—27 Tiere. Rohr Nr. 4. Tiere verteilt, Ablesung jede halbe Stunde.

Weiss-Schwarz

Weiss	22	19	17	22	**80**
Schwarz	9	9	11	5	**30**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Trotz seiner anscheinend verborgenen Lebensweise ist der Kornrüsselkäfer also doch ein helleliebendes Tier.

Rot-Blau mit Ultraviolet.

Hell-Rot	(Nr. 6 / 5)	3	5	5	7	**20**
Dunkel-Blau	(Nr. 39 / 30)	17	15	13	12	**57**

Minimal-Verhältnis

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{3}.$$

Wie die meisten weissholden Tiere ist auch dieser Käfer, im Gegensatz zu den weissscheuen und erythrophilen Gattungen (Chrysomela und Dytiscus), dem Blau zugetan.

Apion frumentarium.

30—40 Individuen. Rohr Nr. 4. Tiere jedesmal verteilt.

Weiss-Schwarz.

Weiss	15	20	14	**49**
Schwarz	24	19	25	**68**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Darnach darf Apion vielleicht als lichtscheu bezeichnet werden.

Rot-Grün.

Hell-Rot	(Nr. 6 / 5)	20	20	20	12	15	**87**
Dunkel-Grün	(Nr. 36 / 225)	13	15	13	10	8	**59**

Minimal-Verhältnis

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Apion scheint (wenn er wirklich lichtscheu ist) das Rot dem Grün vorzuziehen.

7. Diptera.

Musca domestica L.

Je 20 bis 150 Individuen. Kleiner Kasten, je 1 Abteilung. Beobachtung ca. jede halbe Stunde. Jedesmal die Lichter vertauscht.

Weiss-Schwarz.

	I. Weiss	I. Schwarz	II. Weiss	II. Schwarz
	14	11	26	18
	29	15	26	13
	25	13	15	15
	23	15	19	13
	22	12	12	12
5 B.	**113**	**66**	**98**	**71**
	1 :	0·6	1 :	0·7

Wie diese beiden Parallelversuche lehren, verhält sich die Stubenfliege gegen Helligkeitsdifferenzen auffallend gleichgültig, wenn sie auch im ganzen phengophil ist, und mag dies wol damit zusammenhängen, dass sie ihres Nahrungserwerbes wegen häufig auch halb und ganz dunkle Orte aufsucht und sich an den Wechsel der Lichtintensität gewöhnt.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Rot—Blau mit Ultraviolet.

I. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	I. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	II. Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	II. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
32	56	34	23
36	58	37	48
23	32	28	31
22	40	10	20
15	20	10	30
18	54	12	30
146	**260**	**131**	**182**
1 :	1·7	1 :	1·4

Auf Grund der vorstehenden Zalen muss man die Stubenfliege als ein entschieden blauholdes Insect bezeichnen, doch ist die Präferenz eine verhältnismässig geringe.

Minimal-Verhältnis

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}7}\,.$$

Blau ohne — Blau mit Ultraviolet.

Hell-Blau o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 46}}{60}\right)$	95 [1]	16	20	13	14	19	. . .	**216**
Dunkel-Blau m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 45}}{1000}\right)$	74	21	19	15	8	7	. . .	**211**

Mit Rücksicht darauf, dass das ultrav. freie Blau viel heller wie das andere war, und dennoch nur unbedeutend mehr wie dieses besucht wurde, darf man wol annehmen, dass sich die Stubenfliege (bei gleicher Helligkeit) dem Ultraviolet zuneigt; doch ist auch diese Präferenz wieder eine relativ sehr kleine.

Rot-Grün.

	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$		Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 7}}{36}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$
	9	13		15	19
	7	16		12	22
	11	13		9	18
	8	17		7	19
	9	11		.	.
	.	.		.	.
10 B.	**101**	**163**	8 B.	**63**	**127**
	1 :	1·6		1 :	2·0

Diese Zalen machen es sehr wahrscheinlich, dass Grün dem Rot vorgezogen wird, und ist, wie man sieht, der Grün-Quotient so gross wie jener für das Blau, wobei ich freilich bemerken muss, dass speciell für die Präferenz des Dunkel-Grün günstigere Helligkeitsbedingungen wie für das Dunkel-Blau vorliegen, und dass, wie eine weitere Beobachtungsreihe lehrt, wenn die Dunkelheit des Grün auf 225 steigt, die Tiere dann mehr ins Rot gehen.

[1] Die Abzälung geschah hier in der Weise, dass ich bei niedergelassener Zwischenwand die Tiere früher mit schwefeliger Säure (Chloroform wirkt zu langsam) tödtete.

Mittel:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1\cdot8}.$$

Culex pipiens L.

Larve.

Je 100 bis 300 Individuen. Blechkasten mit Wasser, 1—2 Abteilungen. Beobachtung ca. alle 10 Minuten (stärkere Lichtcontraste geben schon nach 2—3 Minuten auffallende Reactionen). Jedesmal die Tiere verteilt und die Lichter vertauscht. 26. August bis 5. September. [1])

Helligkeitsgefühl.

Weiss-Schwarz.

						Summe
Weiss	300	300	150	180	180	**1110**
Schwarz	20	20	50	20	20	**130**

Die Culex-Larve ist demnach ein hochgradig phengophiles Insect.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0\cdot1}.$$

Die aus mehrfachen Gründen interessante Prüfung des Helligkeits-Gefühles beim farbigen Licht konnte bisher leider nicht vorgenommen werden.

Farbengefühl.

Rot-Blau.

Rot-Blau m. uv. I.		Rot—Blau ohne Ultraviolet. II.		III.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	s. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 44}}{1600}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	ss. Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 44*}}{1440000}\right)$ [2])
30	300	10	90	70	130
15	280	6	94	50	150
20	280	14	86	30	170
30	300	7	93	25	175
.	.	9	91	30	170
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
95	**1160**	**96**	**704**	**355**	**1045**
1	: 12	1	: 8	1	: 3

[1]) Bei der grossen Zal und Kleinheit der Versuchstiere wurden, um nicht allzuviel Zeit zu verlieren, die Frequenzzalen nur annähernd bestimmt.

[2]) Nr. 44* = Nr. 44 nebst zwei Lagen Nr. 39. Die Composition ist fast undurchsichtig und lässt nur das mittlere Violet durch.

Alle drei Versuche lehren zunächst, dass die Culexlarve eine ungewöhnlich grosse Vorliebe für Blau (contra Rot) hat, indem u. A. selbst ein Blau, das mindestens 100mal dunkler als das Rot ist, (Vers. II.) 8mal stärker wie letzteres frequentiert wird. Wenn hier aber auch die Lust am Blau viel grösser als die Unlust am Dunkel ist, so macht sich der Helligkeitseinfluss doch insoweit geltend, als mit der Zunahme der Blau-Dunkelheit die Präferenz genannter Farbe sich sehr beträchtlich (von 12 auf 3) verringert, eine Abnahme, die, wenigstens zum Teile, freilich auch durch die Qualitätsänderung bedingt sein kann, weshalb noch Controlversuche mit homochromen aber heterophengen Blau-Lichtern notwendig sind.

Minimalverhältnis:

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. u.-v.}} = \frac{1}{12}.$$

Rot-Gelb.

	I.			II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 25}}{17}\right)$		Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. 26}}{68}\right)$
	15	85		70	30
	25	75		70	30
	20	80		64	36
	40	60		80	20
	40	160		86	14
	50	150		70	30
	.	.		.	.
	.	.		.	.
10 B.	**525**	**1075**	8 B.	**603**	**197**
	1 :	2		1 :	0·3

Da Gelb in Versuch I entschieden dunkler wie Rot war und dennoch, und zwar ganz constant, stärker wie Rot besucht wurde, ist es wol kaum zweifelhaft, dass factisch Gelb-Präferenz (contra Rot) besteht.

Versuch II mit noch dunklerem Gelb lehrt aber, dass die Gelb-Lust gegenüber der Dunkel-Unlust viel eher als bei Blau (contra Rot) ihr Ende erreicht resp. in Rot-Präferenz umschlägt.

Minimal-Verhältnis

$$\frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{2}.$$

Besonders zalreiche Versuche machte ich über die Wirkung nachstehender Farben

Rot-Grün. [1])

	I.		II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 6}{6}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 35}{15}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 6}{6}\right)$	s. Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 36}{225}\right)$
	1	199	30	170
	3	197	40	160
	1	199	30	170
	5	195	10	190
	5	195	170	30
	0	200	10	180
	1	199	10	180
	13	187	20	180
	4	196	70	130
	6	194	150	50
	.	.	.	.
		.	.	.
15 B. / 21 B.	**70**	**2930**	**1550**	**2610**
	1 :	42	1 :	1·6

Man beachte zunächst den wahrhaft colossalen Frequenz-Überschuss des Dunkelgrün contra Rot in Versuch I. Es ist weitaus die stärkste Farbenreaction, die ich bisher überhaupt und speciell bei Rot-Grün constatiert habe. Diese enorme Grün-Lust (contra Rot) zeigt sich aber nur bei mässiger Dunkelheit des Grün und sinkt, wie aus Versuch II zu ersehen, sehr rasch mit einer weiteren Abnahme der Grün-Intensität.

Es entsteht nun aber die Frage, ob nicht vielleicht unseren Tieren ein mässig trübes Grün, wie es vielfach in dem mit Pflanzen bewachsenen Medium, wo sie leben, herrscht, sogar angenehmer als ein das Rot an Helligkeit übertreffendes Grün ist und erlaube ich mir die nähere Prüfung dieser Frage angelegentlichst den verehrten Fachgenossen zu empfehlen.

3) $\frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{42}$.

[1]) Nachstehende Angaben beruhen nicht auf Schätzung, sondern auf genauer Abzälung.

Gelb-Grün.

	I.			II.	
	Hell-Gelb (Nr. 24 / 4·1)	Dunkel-Grün (Nr. 35 / 15)		Gelb (Nr. 25 / 17)	Grün (Nr. 35 / 15)
	130	70		10	180
	150	50		20	180
	100	100		10	190
	80	120		20	180
	90	110		70	130
	100	100		60	140
	140	60		20	180
	.	.		.	.
	.	.		.	.
16 B.	**1710**	**1490**	14 B.	**560**	**2220**
	1 :	0·9		1 :	4

Da bei Versuch II Gelb und Grün nahezu gleich hell erscheinen und letzteres ohne Ausnahme stärker als ersteres besucht wurde, so unterliegt es wol keinem Zweifel, dass Grün auch hier Lieblingsfarbe ist, und wenn die Präferenz auch bei weitem nicht die Höhe wie contra Rot erreicht, so beachte man diesfalls, dass das angewendete Vergleichsgelb fast zur Hälfte selbst Grün ist.

Für die Grün-Präferenz spricht dann auch Versuch I, insoferne das Plus der Frequenz des Hell-Gelb bei weitem nicht so gross ist, wie es dem Helligkeitsüberschuss dieser Farbe entsprechen würde.

$$4)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{4}.$$

Grün—Blau mit ultrav.

I.		II.	
Hell-Grün (Nr 35 / 15)	Dunkel-Blau (Nr. 43 / 40)	Dunkel-Grün (Nr. 36 / 225)	Hell-Blau (Nr. 39 / 40)
60	140	8	90
60	140	5	90
50	150	60	40
70	130	10	90
100	100	50	150
60	140	50	150
.	.	.	
	.	.	.
610	**1190**	**483**	**1310**
1 :	2	1 :	3

Nach dem Versuch Rot-Blau einer- und Rot-Grün andererseits zu urteilen, könnte man a priori annehmen, dass der Culex-Larve Grün weit angenehmer als Blau sei.

Vorstehende Experimente lehren aber, dass dies keineswegs der Fall ist, indem selbst das dunkle Blau dem hellen Grün bei weitem vorgezogen wird.

Minimal-Verhältnis

$$5)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. w. uv.}} = \frac{1}{2}.$$

Blau ohne — Blau mit Ultrav.

	I.		II.	
	Hell-Blau o. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	Dunkel-Blau m. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 45}}{1000}\right)$	Dunkel-Blau m. w. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$	Hell-Blau m. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
	180	20	100	100
	70	130	130	70
	170	30	80	120
	110	90	150	50
	160	40	110	90
	.	.	.	.
	.	.	.	.
8 B.	**1010**	**580**	**930**	**660**
	1 :	0·5	1 :	0·7

Nach diesem Ergebnis hätte die Culexlarve entweder gar keine oder doch nur eine sehr geringe Empfindlichkeit für das Ultraviolet.[1])

$$6)\quad \frac{\text{Blau o. uv.}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}7}.$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

								Summe
Weiss o. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 5*}}{1{\cdot}1}\right)$	40	35	90	94	97	99	95	**550**
Weiss m. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 1}}{1{\cdot}7}\right)$	60	65	10	6	3	1	5	**150**

[1]) Da in Versuch II die beiden Vergleichsblau auch sonst verschieden sind (das hellere enthält ja etwas Rot und relativ mehr Grün wie das dunklere) so kann der Frequenzunterschied möglicherweise gar nicht durch den Ultravioletgehalt bedingt sein.

Schreiben wir hier auch einen Teil der Mehrfrequenz des ultrav. freien Weiss der grösseren Helligkeit desselben zu, so unterliegt es doch kaum einem Zweifel, dass das Ultraviolet den Hauptunterschied macht.

Als Quotient nehme ich die Hälfte von $\frac{550}{150}$ d. i.

$$7) \quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Man beachte, dass dies Ergebnis insoferne ein sehr überraschendes ist, als sonst in der Regel die blauholden Tiere auch Ultraviolet-liebend sind, während hier das Gegenteil stattzufinden scheint.

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau o. uv.	Blau m. uv.
1	2	42	20? [1]	12
	2	8	—	—
		8	—	16
			20	12

Daraus geht hervor, dass es für die Culexlarve wol eine absolute Unlustfarbe, nämlich das Rot, aber nur eine relative Lustfarbe gibt, indem beim Vergleich mit Rot unter allen übrigen Farben das (complementäre) Grün die grösste Anziehung ausübt, während dasselbe Grün bei der unmittelbaren Confrontation mit Blau sich entschieden minder angenehm erweist.

Vergleichung nach der Mehrfarbenmethode. (Lichter jedesmal vertauscht.)

	Rot (Nr. 10 / 19)	Gelb (Nr. 25 / 17)	Grün (Nr. 35 / 15)	Blau m. uv. (Nr. 39 / 30)
Je 2 B.	50	60	340	350
	50	120	270	360
	60	120	290	420
	70	130	250	400
	60	110	280	280
	290	**540**	**1430**	**1810**
	1 :	2 :	5 :	6

Wie man sieht, steht das Ergebnis insofern vollkommen mit dem obigen im Einklang, als abermals Rot am wenigsten und Grün und Blau weitaus am stärksten besucht ist. Mit Rücksicht auf die eventuelle Frage, weshalb denn hier der Grün-Quotient (5) weit kleiner als oben

---

[1]) 20? wurde der bequemeren Übersicht wegen nach dem Verhältnis 7) eingeschaltet.

(42) ist, mache ich kurz darauf aufmerksam, dass sich hier ja die Zal der Nicht-Rotbesucher auf drei Farben, d. i. auf Gelb, Grün und Blau verteilt und hiemit unmöglich so gross sein kann wie dort, wo dem Rot nur Grün allein gegenübersteht.

	Rot-Schwarz.		Blau-Weiss.	
	Rot	Schwarz	Blau	Weiss
	$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{6}\right)$	—	$\left(\frac{\text{Nr. } 43}{40}\right)$	(1)
	60	140	50	150
	180	20	100	100
	160	40	80	120
	150	50	100	100
	120	80	.	.
	.	.	.	.
	.	.	.	.
9 B.	**1210**	**580**	**690**	**940**
	1 :	0·5	1 :	1·4

Aus Versuch I folgt, dass die Unlustfarbe Rot unseren Tieren noch immer angenehmer als völliger Lichtmangel ist, resp. dass ihnen Rot nicht Schwarz erscheint, und aus Versuch II, dass ihnen ebenfalls das helle Weiss besser als das rel. dunkle Blau convenirt, bez. also dass ihnen Blau nicht etwa viel heller als uns vorkommt.

$$8)\quad \frac{\text{Rot}\quad(6)}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

$$9)\quad \frac{\text{Weiss}\quad(1)}{\text{Blau}\quad(30)} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Lehrreich wäre u. A. eine Vergleichung zwischen Blau und einem gleichhellen resp. entsprechend abgeschwächten Weiss.

Pulex canis Bouché.

Je 20 bis 60 Tiere. Rohr Nr. 4. Beobachtung meist jede Stunde (bei gewissen Lichtcontrasten, z. B. Weiss-Schwarz, ist die Reaction schon nach 2–5 Minuten vollendet). Jedesmal die Tiere verteilt, mitunter auch die Lichter vertauscht.

Weiss-Schwarz.

						Summe
Weiss	50	40	35	38	38	**201**
Schwarz	0	10	15	12	12	**49**

Wie man von diesem bekanntlich zwischen den Haaren des Pelzes lebenden Schmarotzer kaum erwarten sollte, ist derselbe ganz entschieden hellliebend.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Rot—Blau m. Ultrav.

									Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{5}\right)$	12	10	7	15	11	6	....	**107**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. } 39}{30}\right)$	38	40	43	35	39	44	....	**343**

Der Hunde-Floh zieht also ganz entschieden, und zwar auch gegen seinen Helligkeitsgeschmack, das Blau dem Rot vor.

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{3}.$$

Rot-Gelb.

	I.			II.	
	Hell-Rot	Dunkel-Gelb		Hell-Rot	s. Dunkel-Gelb
	$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. } 28}{25}\right)$		$\left(\frac{\text{Nr. } 6}{5}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. } 29}{625}\right)$
	6	12		22	38
	7	11		11	49
	2	16		18	42
	3	15		15	25
	6	12		13	27
	.	.		.	.
	.	.		.	.
10 B.	**66**	**198**	6 B.	**95**	**205**
	1 :	3		1 :	2·1

Hier haben wir somit contra Rot eine auffallend starke Gelb-Präferenz, neben welcher sich allerdings auch der Helligkeitseinfluss fühlbar macht.

Minimalverhältnis:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{3}.$$

Rot-Grün.

	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$		Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	s. Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 36}}{225}\right)$
	11	49		15	45
	23	37		20	40
	19	41		23	37
	13	47		17	33
	11	49		16	34
	.	.		.	.
	.	.		.	.
10 B.	**162**	**468**	6 B.	**106**	**224**
	1 :	2·9		1 :	2·1

Zwischen Rot und Grün besteht nach diesem Ergebnis fast genau dasselbe Verhältnis wie zwischen Rot und Gelb, nämlich dreifach stärkere Grünfrequenz bei dem Dunkelheitsquotienten 3 d. i. $\left(\frac{5}{15}\right)$ und zweifach grössere beim Quotienten 45 d. i. $\left(\frac{5}{225}\right)$.

Minimalverhältnis:

$$4) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{3}.$$

Grün-Blau mit (wenig) Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$		Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 36}}{225}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$
	8	12		14	18
	8	11		13	19
	3	9		10	20
	22	35		.	.
	24	26		.	.
10 B.	**178**	**230**	3 B.	**37**	**57**
	1 :	1·3		1 :	1·5

Vorstehende Zalen scheinen darauf hinzudeuten, dass der Floh das Blau dem Grün vorzieht; jedenfalls ist aber der Unterschied nur ein sehr geringer.

Verhältnis:

$$5)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. u.-v.}} = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

	I.			II.	
	Hell-Weiss o. uv. (Nr. 5* / 1·2)	Dunkel-Weiss m. uv. (Nr. 1 / 1·7)		Dunkel-Weiss o. uv. (Nr. 5* / 1·2)	Hell-Weiss m. uv. (1)
	30	20		19	31
	36	14		15	21
	31	19		17	20
	28	22		16	22
	34	16		16	22
	.	.		.	
	.	.		.	.
10 B.	**310**	**191**	6 B	**86**	**125**
	1	: 0·6		1	: 1·4

Halten wir uns zunächst an Versuch II, bei welchem in der Helligkeit der beiden Weiss ein kaum merkbarer Unterschied besteht, so muss die (fast constante) Präferenz des ultraviolethältigen Weiss mindestens zum (grösseren) Teile auf einer Vorliebe für das Ultraviolet beruhen, die indess, wie auch Versuch I lehrt, verhältnismässig nur sehr gering ist.

$$6)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Übersicht der Farben-Reactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau o. uv.	Blau m. uv.
1	3	3	2? [1]	3
		3	—	4·2

Im ganzen dürfen wir sagen, dass der Hunde-Floh ein namentlich für kleinere Farbendifferenzen ziemlich empfindliches Geschöpf ist, und dass er, gleich seinem Wirte, eine ausgesprochene Antipathie gegen Rot besitzt.

[1]) Eingeschaltet nach Verhältnis 6).

8. Lepidoptera.

Pieris crataegi L.

Raupe.

Meist je 20, ganz oder fast ausgewachsene Tiere. Trog je 1 Abteilung. Beobachtung ca. alle 15 Minuten (unter gewissen Umständen genügen schon 2—5 Minuten). Tiere jedesmal wieder in die Mittellage gebracht und die Lichter vertauscht. 26. April bis 29. Mai.[1])

Helligkeitsgefühl.

							Summe
Weiss	20	20	20	20	17	17	**114**
Schwarz	0	0	0	0	3	3	**6**

Nach diesem Resultat ist die Heckenweisslings-Raupe ein ganz ausserordentlich dunkelscheues Tier, und muss ich nur bedauern, dass ich nicht dazu kam, auch ihr Helligkeitsgefühl für kleinere Differenzen, sowie für farbiges Licht zu prüfen.[2])

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}06}$$

d. h. auf je hundert Hellfrequenzen kommen nur je 6 Dunkel-Besuche.

Rot—Blau mit Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$		Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 11}}{2500}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7{\cdot}3}\right)$
	0	20		0	20
	0	20		4	16
	0	20		0	20
	0	20		3	17
	0	20		5	15
	5	15		0	20
	.	.		.	.
	.	.		.	.
10 B.	**8**	**192**	10 B.	**18**	**182**
	1 :	24		1 :	10

[1]) Bezüglich der Fütterung der Versuchstiere sei bemerkt, dass dieselbe (wie auch bei den meisten anderen Tieren) nicht im Beobachtungsraum, sondern ausserhalb desselben, und zwar im gewöhnlichen Raupenkäfig, wo die Tiere auch die Nacht zubrachten, geschah.

[2]) Wünschenswert wäre namentlich die Vergleichung von Schwarz mit ultraviolet-freiem Weiss.

Erwägt man, dass das hellere Rot (Vers. I) bei 10 Beobachtungen 8mal von keinem einzigen Individuum besucht wurde, so ist es wol evident, dass unsere Raupe im höchsten Grade rotscheu ist. Dass das dunklere Rot in Vers. II. relativ mehr wie das helle besucht wurde, betrachte ich mehr als Zufallssache, doch halt' ich es auch für möglich, dass unseren Tieren ein Minus des Unlustlichtes angenehmer als ein Plus des (blauen) Lustlichtes ist.

Das Mittel ist:

$$1)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. u.}} = \frac{1}{14}.$$

Rot-Gelb.

I.		II.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 6}{5}\right)$	Dunkel-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 28}{25}\right)$	Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 10}{50}\right)$	Hell-Gelb $\left(\frac{\text{Nr. } 17}{2}\right)$
13	7	14	6
13	7	5	15
16	4	10	10
18	2	7	13
60	**22**	**36**	**44**
1 :	0·3	1 :	1·2

Im Vergleich zur starken Reaction bei Rot-Blau bekunden unsere Tiere gegenüber Rot-Gelb eine grosse Gleichgiltigkeit; im ganzen scheint es mir aber doch, was man freilich kaum erwarten sollte, dass das Rot (vgl. namentlich Vers. II) dem Gelb vorgezogen wird.

Das Mittel ist:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{0{\cdot}5}\ ?$$

Rot-Grün.

	I.			II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 6}{5}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 36}{225}\right)$		Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. } 11}{2500}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. } 31}{6}\right)$
5 B.	62	38	5 B.	41	59
	1 :	0·6		1 :	1·4

Da auch hier wie bei Rot-Gelb wieder die Helligkeit den Ausschlag gibt, bleibt selbstverständlich abermals das reine Farben-Verhältnis unbestimmt.

Das Mittel ist:

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}8}?$$

Gelb-Grün.

	I.			II.	
	Hell-Gelb (Nr. 17 / 2)	Dunkel-Grün (Nr. 36 / 225)		Dunkel-Gelb (Nr. 28 / 25)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)
6 B.	57	63	6 B.	57	63
	1 :	1·1		1 :	1·1

Da das Grün in V. I, obwol es viel dunkler als Gelb ist, doch ein wenig mehr wie letzteres besucht wurde, könnte man glauben, dass unseren Raupen factisch Grün angenehmer als (das allerdings auch viel Grün und Blau enthaltende) Gelb sei; wenn man aber in Vers. II sieht, dassdas hellere Grün auch nicht stärker wie das dunklere frequentiert wurde, so kann die angedeutete Präferenz wol kaum eine nennenswerte sein.

Mittel:

$$5)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{1{\cdot}1}?$$

Gelb-Blau mit Ultrav.

I.		II.	
Hell-Gelb (Nr. 17 / 2)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)	Dunkel-Gelb (Nr. 29 / 625)	Hell-Blau (Nr. 38 / 7·3)
0	20	0	20
3	17	4	16
3	17	2	18
2	18	5	15
6	14	5	15
4	16	6	14
18	**102**	**22**	**98**
1 :	5·6	1 :	4·5

Hier besteht offenbar wieder die ausgesprochenste Blau-Präferenz, die indess nicht so gross ist wie dem Rot gegenüber.

Auffallend aber ist hier der Umstand, dass das Gelb in Vers. I, trotzdem es erstens viel heller und zweitens viel reicher an Blau wie das in Vers. II ist, nicht stärker, ja sogar ein wenig schwächer wie letzteres frequentiert wurde.

$$6)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{5{\cdot}6}.$$

Grün-Blau m. Ultrav.

I.		II.	
Hell-Grün (Nr. 31 / 6)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)	Dunkel-Grün (Nr. 36 / 225)	Hell-Blau (Nr. 38 / 7·3)
0	20	3	17
2	18	4	16
1	19	6	14
4	13	0	20
7	**70**	**30**	**130**
1 :	10	1 :	4·3

Ähnlich wie contra Gelb zeigen unsere Raupen somit auch contra Grün eine sehr bedeutende Blau-Vorliebe, wobei aber der Umstand auffällt, dass das helle resp. mehr unreine (oder weissliche) Blau zweimal so stark als das verhältnismässig dunkle homochrome (und ultravioletarme) Blau besucht wurde.

Als Verhältnis nehme ich nach Versuch I.

$$7)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{10}.$$

Purpur — Blau mit Ultrav.

I.		II.	
Hell-Purpur (Nr. 51 / 11)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)	Dunkel-Purpur (Nr. 52 / 117)	Hell-Blau (Nr. 38 / 7·3)
5	15	4	16
9	11	4	16
9	11	8	12
9	11	5	15
9	11	6	14
7	13	7	13
48	**72**	**34**	**86**
1 :	1·5	1 :	2·5

Die Versuche lehren, dass unsere Tiere auch gegen kleinere Blau- resp. Rot-Differenzen ziemlich empfindlich sind. [1])

[1]) Ich erinnere kurz daran, dass das hier angewendete Blau auch etwas (aber viel weniger als der Vergleichs-Purpur) Rot enthält.

Das Mittel ist:

$$8)\quad \frac{\text{Purpur}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}9}.$$

Blau ohne — Blau mit Ultrav.

					Summe
Blau o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 38, 5*}}{8{\cdot}7}\right)$	5	10	6	**21**
Blau m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7{\cdot}3}\right)$	35	30	34	**99**

Demnach gehen unsere Tiere u. zw. in höchst auffallender Weise dem Ultraviolet nach.

$$9)\quad \frac{\text{Blau o. uv.}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{5}.$$

Weiss ohne — Weiss mit Ultrav.

						Summe
Weiss o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 5*}}{1{\cdot}2}\right)$	5	9	7	6	**27**
Weiss m. uv.	(1)	35	31	33	14	**113**

Das Ergebnis zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit dem obigen.

$$10)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{4}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau o. uv.	Blau m. uv.
1	0·5?	0·8?	—	14·0
	0·5	0·6	—	2·8
		0·6	—	6·0
			4·8	24·0

Daraus ergibt sich, dass ultraviolethältiges Blau die absolute Lieblingsfarbe unserer Raupen ist, während sich darüber, welche der anderen Farben ihnen die grösste Unlust bereitet, vorläufig nichts Sicheres aussagen lässt.

Weiss-Rot.		Weiss-Gelb.		Weiss-Grün.		Weiss-Blau m. uv.	
Weiss	Rot	Weiss	Gelb	Weiss	Grün	Weiss	Blau
(1)	(Nr. 6 / 5)	(1)	(Nr. 17 / 2)	(1)	(Nr. 31 / 6)	(1)	(Nr. 38 / 7·8)
18	2	14	6	17	3	6	14
20	0	18	2	11	9	11	9
16	4	16	4	18	2	10	10
14	6	15	5	16	4	3	17
16	4	17	3	18	2	6	9
16	4	15	5	17	3	8	12
15	5	14	6	.	.	7	13
.	.	.	.	.	.	.	.
18 B. **402**	**86**	9 B. **139**	**41**	11 B. **173**	**47**	**256**	**323**
1 :	0·2	1 :	0·3	1 :	0·3	1 :	1·2

Der grosse Unterschied in der Wirkung der einzelnen Farben tritt auch hier wieder auf das klarste hervor.

Während nämlich Rot, Gelb und Grün 3- bis 5mal weniger als das (hellere) Weiss besucht wurden, ist die dunkelste Farbe von allen, nämlich das Blau, sogar beträchtlich stärker als ungeschwächtes Weiss frequentiert, und wird also Blau auch dem gewöhnlichen Lichte (das auf unsere Tiere einwirkt) in entschiedenster Weise, (nämlich mit Überwindung des Helligkeitsgeschmackes) vorgezogen.

Pieris crataegi L.

Falter.

30 bis 40 Individuen. Mittelgrosser Kasten, je 1 Abteilung. Beobachtung z. T. bei directem Sonnenlicht (mit Einschaltung einer Alaunlösung) ca. alle 30 Min. [1]) Jedesmal die Tiere verteilt und die Lichter vertauscht.

Weiss-Schwarz.

					Summe
Weiss	29	31	30	36	**126**
Schwarz	11	9	10	4	**34**

Wie schon von vorne herein zu erwarten war, ist also auch das Imago des Heckenweisslings ein hellliebendes Tier.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

[1]) Bei directem Sonnenlicht reagieren unsere Falter auf gewisse Lichtdifferenzen fast momentan.

Rot—Blau mit Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)		Dunkel-Rot (Nr. 11 / 2500)	Hell-Blau (Nr. 38 / 7·3)
Sonne	4	36	gew. Licht	10	30
„	11	29		9	31
ew. Licht	17	23		14	26
„	21	19		16	24
„	17	23		19	21
„	7	33		7	33
„	10	30			
„	11	29			
	98	**222**		**75**	**165**
	1 .	23		1 :	2·2

Die Versuche lassen keinen Zweifel übrig, dass der Hecken-veissling ganz so wie seine Raupe ein eminent blauliebendes Insect ist, ınd muss ich nur noch bemerken, dass die Blau-Präferenz des Falters ıoch weit grösser ausfallen würde, wenn man in der Lage wäre, die Ciere unter ihrer Lebensweise besser entsprechenden Bedingungen grösserer Raum, allseitige Beleuchtung mit directem Sonnenlicht ›tc.) zu beobachten.[1])

2) $\frac{\text{Rot}}{\text{Blau}} = \frac{1}{9}$.[2])

	Grün-Blau m. uv.			Gelb-Blau m. uv.	
	Hell-Grün (Nr. 35 / 15)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)		Hell-Gelb (Nr. 20 / 3)	Dunkel-Blau (Nr. 40 / 900)
Sonne	5	35	Sonne	8	32
„	3	37	„	7	33
„	3	37	„	6	34
„	4	36	„	6	34
„	2	38	„	5	35
„	3	37	„	7	33
	.	.		.	.
	.	.		.	.
14 B.	**68**	**489**	15 B.	**95**	**505**
	1 :	7		1 :	5·3

[1]) Es kommt auch in Betracht, dass man manche Versuchsobjecte beim Fange lädiert, wodurch ihre Beweglichkeit verringert wird. Auch müsste, wie bei den Bienen und anderen fliegenden Tieren das Materiale öfter gewechselt werden.

[2]) Aus den angedeuteten Gründen bestimme ich das Verhältnis nach der mit den frisch eingefangenen Tieren in der Sonne gemachten (ersten) Beobachtung. Vers. I. (4 : 36).

Diese Versuche sprechen, offenbar weil sie alle unter Anwendung directen Sonnenlichtes gemacht wurden, noch deutlicher als die früheren für die ausserordentliche Blau-Vorliebe unseres Falters, und füge ich noch bei, dass die meisten Individuen bei Vertauschung der Lichter in der Regel schon nach 2—3 Minuten die gelbe, resp. die grüne Abteilung verlassen haben.

Die Minimal-Verhältnisse sind:

$$3)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{7}.$$

$$4)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{5{\cdot}3}.$$

Blau ohne — Blau mit Ultrav.

								Summe
Hell-Blau o. ultrav.	$\left(\frac{\text{Nr. 47}}{35}\right)$	7	11	9	6	12	11	**56**
Dunkel-Blau m. ultrav.	$\left(\frac{\text{Nr. 40}}{900}\right)$	23	19	21	24	28	19	**134**

Unter Berücksichtigung des Helligkeitsverhältnisses unterliegt es wol keinem Zweifel, dass unsere Falter und zwar weit stärker als die Raupen dem Ultraviolet nachgehen.

Minimal-Verhältnis:

$$5)\quad \frac{\text{Blau o. ultrav.}}{\text{Blau m. ultrav.}} = \frac{1}{2{\cdot}4}.$$

Übersicht der Farbenreactionen:

Rot	Gelb	Grün	Blau o. ultrav.	Blau m. ultrav.
1	—	—	—	9
	1	—	—	5·3
		1	—	7
			4	9

Ultraviolethältiges Blau ist also entschieden die absolute Lieblingsfarbe des Heckenweisslings.

Weiss-Blau.

									Summe
Hell-Weiss	(1)	20	17	19	21	18	20	. . .	**199**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	10	13	11	9	12	10	. . .	**101**

Berücksichtigt man, dass bei allen 10 Beobachtungen Weiss stärker als Blau frequentiert war, so ist es wol evident, dass hier

letzteres nicht, wie bei der Raupe, ersterem vorgezogen wird, bez. also, dass unserem Falter das gewöhnliche (weisse) Licht am angenehmsten ist.

$$6)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Blau m. uv.}} \left(\frac{1}{30}\right) = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Vanessa Urticae L.

Raupe.

Je 20 Individuen. Trog je 1—2 Abteilungen. Beobachtung ca. jede Stunde. Jedesmal Tiere in die Mittellage gebracht und die Lichter vertauscht. [1])

Weiss-Schwarz.

					Summe
Weiss	20	13	19	20	**72**
Schwarz	0	7	1	0	**8**

Auch diese Raupe ist, wie übrigens schon ihre Lebensweise erwarten lässt, ausserordentlich dunkelscheu.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}1}.$$

Rot-Blau mit Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$		Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{50}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7{\cdot}3}\right)$
	2	18		2	18
	6	14		3	17
	4	16		9	11
	5	12		0	20
	6	13		1	19
	5	15		1	19
	4	16		.	.
	.	.		.	.
	.	.		.	.
14 B.	**81**	**193**	14 B.	**66**	**196**
	1 :	2·4		1 :	3·0

[1]) Ich bemerke zum voraus, dass die Licht-Bewegungen dieser Tiere vielfach dadurch sehr behindert werden, dass sie (namentlich gilt dies von den älteren Tieren) fort und fort Gespinnste erzeugen und sich darin eingarnen. Selbstverständlich muss der Trog nach jeder Beobachtung gereinigt werden.

Die Nesselraupe ist somit, gleich der Heckenweisslingsraupe a
gesprochen blauhold, aber — worauf ich schon hier aufmerksam mac
— in auffallend geringerem Grade wie letztere.

Mittel:

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{2{\cdot}7}.$$

Rot-Gelb.

	I.			II.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-Gelb (Nr. 28 / 25)		Dunkel-Rot (Nr. 10 / 50)	Hell-Gelb (Nr. 17 / 2)
	11	9		3	17
	13	7		5	15
	12	8		2	18
	14	6		4	16
	.	.		.	.
	.	.		.	.
10 B.	**112**	**83**	10 B.	**53**	**140**
	1 :	0·7		1 :	2·3

Hier ist wieder, ähnlich wie bei Pieris, die Helligkeit a
schlaggebend.

Das Mittel ist:

$$3)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{1{\cdot}1}?$$

Rot-Grün.

	I.			II.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-Grün (Nr. 35 / 23)		Dunkel-Rot (Nr. 10 / 50)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)
10 B.	119	73	10 B.	84	112
	1 :	0·7		1 :	1·3

Gleichfalls grosser (ev. völliger) Farben-Indifferentismus.

$$4)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}9}?$$

Gelb-Grün.

	I.		II.	
	Hell-Gelb (Nr. 17 / 2)	Dunkel-Grün (Nr. 35 / 23)	Dunkel-Gelb (Nr. 28 / 25)	Hell-Grün (Nr. 31 / 6)
	120	57	67	113
10 B.	1 :	0·5	1 :	1·6

Mittel:

$$5)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}8}?$$

Gelb—Blau m. Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Gelb	Dunkel-Blau		Dunkel-Gelb	Hell-Blau
	$\left(\frac{\text{Nr. 17}}{2}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$		$\left(\frac{\text{Nr. 28}}{25}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7}\right)$
	15	5		11	9
	13	7		8	12
	14	6		10	10
	7	8		8	12
	9	11		7	13
	.	.		.	.
	.	.		.	.
9 B.	**92**	**83**	9 B.	**70**	**101**
	1 :	0·9		1 :	1·3

Die relativ grosse Farbengleichgiltigkeit tritt namentlich hier zu Tage, indem das Dunkel-Blau nahezu gleich stark wie Hell-Gelb besucht wurde, während ersteres bei Pieris eine bedeutende Präferenz aufwies. Mit Rücksicht auf das Helligkeitsverhältnis unterliegt es aber wol kaum einem Zweifel, dass bei gleicher Intensität Blau entschieden vorgezogen wird.

Das Mittel ist:

$$6)\quad \frac{\text{Gelb}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}1}.$$

Grün—Blau m. Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Grün	Dunkel-Blau		Dunkel-Grün	Hell-Blau
	$\left(\frac{\text{Nr. 31}}{6}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$		$\left(\frac{\text{Nr. 36}}{225}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7}\right)$
	18	2		12	8
	17	3		7	9
	16	4		11	9
	15	5		13	7
	.	.		.	.
	.	.		.	.
	6	14		8	12
	7	13		7	13
	5	15		8	12
	.	.		.	.
	.	.		.	.
13 B.	**159**	**100**	13 B.	**132**	**107**
	1 :	0·6		1 :	0·8

Wie ich schon im methodischen Teil bemerkte, haben wir hi das Beispiel eines sog. Umschlages der Reaction, indem die Tiere b den ersten Beobachtungen das Grün, bei den letzten dagegen das Bl bevorzugen. Sei nun auch die Ursache dieser Erscheinung welc immer, so ist doch soviel klar, dass die Nesselraupe gegenüber d in Rede stehenden zwei Farben sich sehr indifferent verhält.

Das (unter besagten Umständen wenig beachtenswürdige) Mittel i

$$7)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}7}.$$

Weiss-Rot.		Weiss-Gelb.		Weiss-Grün.		Weiss-Blau	
Weiss	Rot	Weiss	Gelb	Weiss	Grün	Weiss	Blau m.
(1)	(Nr. 6 / 5)	(1)	(Nr. 17 / 2)	(1)	(Nr. 31 / 6)	(1)	(Nr. 3 / 7)
12	8	9	11	19	1	17	3
14	6	12	8	16	4	13	7
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
61	**33**	**60**	**25**	**73**	**21**	**66**	**28**
8) 1	: 0·5	9) 1	: 0·4	10) 1	: 0·3	11) 1	: 0·4

Auch diese Vergleichungen lehren, dass unsere Raupe ziemli farbenindifferent ist, da, wie man sieht, Rot, Gelb, Grün und Bl nahezu gleich stark besucht wurden.

Weiss ohne — Weiss mit Ultraviolet.

										Summe 16 B.
Weiss o. uv.	(Nr. 5* / 1·2)	7	4	8	7	6	5	7	...	**126**
Weiss m. uv.	(1)	13	16	12	13	14	15	13	...	**232**

Bei der grossen Gleichgiltigkeit für Gelb-Blau, Grün-Blau u. s. ist die constante und beträchtliche Präferenz des einen Weiss gege über dem andern in der Tat ganz überraschend.

Die Nesselraupe hat demnach eine ausgesprochene Vo liebe für das Ultraviolet, aber, so scheint es wenigstens, n dann, wenn dasselbe mit dem weissen Licht verbunden is

$$12)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}9}.$$

Vanessa Jo L.

Raupe.

30 bis 120 Individuen. Trog mit je 2 Abteilungen. Andere Bedingungen wie oben.

Weiss-Schwarz.

				Summe
Weiss	51	57	108	**216**
Schwarz	9	3	12	**24**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}1}.$$

Die Tagpfau-Raupe ist somit und zwar in sehr hohem Grade dunkelscheu.

Rot-Blau i. w. S.

	I.		II.	
	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$	Dunkel-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 11}}{2500}\right)$	Hell-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 38}}{7{\cdot}3}\right)$
	2	28	10	20
	2	28	5	25
	4	26	9	21
	7	23	7	23
	5	25	8	22
	.	.	.	.
	.	.	.	.
12 B.	**91**	**269**	**120**	**240**
	1 :	3	1 :	2

Demnach ist die Tagpfau-Raupe, gleich den übrigen bisher behandelten Lepidopterenlarven, entschieden blau-liebend.

Mittel:

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{2{\cdot}4}.$$

Noctua coeruleocephala L.

Raupe.

Rot—Blau mit Ultrav.[1]

								Summe 12 B.
Hell-Rot	2	3	2	0	8	3	. . .	**54**
Dunkel-Blau	28	27	28	30	22	12	. . .	**291**

[1]) Beobachtungsbedingungen wie früher.

$$1)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{5}.$$

Es scheint somit auch diese Raupe blauhold zu sein. [1])

Hyponomeuta malinella L.

Raupe. [2])

Weiss ohne — Weiss mit Ultrav.

					Summe
Weiss o. uv.	(Nr. 5 / 1·2)	10	8	11	**29**
Weiss m. uv.	(1)	30	32	29	**91**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{3}.$$

Diese Raupe verrät somit eine hochgradige Ultraviolet-Vorliebe, was zugleich auf Blau-Präferenz schliessen lässt.

Papilio xanthomelas L.

Raupe.

Weiss-Schwarz.

						Summe
Weiss	11	19	13	14	12	**69**
Schwarz	9	1	7	6	8	**31**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Diese Raupe ist somit entschieden dunkelscheu.

Rot—Blau mit Ultrav.

								Summe
Hell-Rot	(Nr. 6 / 5)	5	6	15	14	12	20 . . .	**191**
Dunkel-Blau	(Nr. 40 / 900)	15	14	5	6	18	10 . . .	**149**

Diese Raupe ist demnach gegen Rot-Blau entschieden viel gleichgültiger als alle früheren; selbstverständlich beweist aber die Mehrfrequenz des Rot wegen der ungleich grösseren Helligkeit desselben nicht, dass hier wirklich ausnahmsweise Blau-Scheu existiert.

---

[1]) Ich sage „scheint“, weil ich nicht bestimmt sagen kann, ob das Tier hell- oder dunkelliebend ist.

[2]) Beobachtungs-Bedingungen wie früher.

Spinnentiere.

Lycosa ruricola Deg.

Je 10 bis 40 Individuen. Trog mit 1 bis 2 Abteilungen. Beobachtung jede Stunde. Jedesmal die Tiere verteilt und die Lichter vertauscht.

Weiss-Schwarz.

	I. Weiss	I. Schwarz		II. Weiss	II. Schwarz
Je 2 B.	14	14	Je 2 B.	36	31
	12	16		42	24
	13	15		39	35
	17	11		44	29
	17	11		47	26
	73	**67**		**208**	**145**

Da in beiden zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedenem Material gemachten Versuchsreihen das Helle stärker wie das Dunkle frequentiert wurde (bei 20 Beobachtungen 15mal), dürfen wir wohl auf Vorliebe für das hellere Licht schliessen.

Jedenfalls ist aber die Weiss-Präferenz nur eine ganz geringfügige.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{0 8}.$$

Rot-Blau m. Ultrav.

		Je 3 Beob.							Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	19	16	15	22	15	13	8	**108**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 40}}{900}\right)$	39	32	25	14	21	23	25	**179**

Dies Ergebnis lässt (zumal bei Berücksichtigung des Helligkeitsverhältnisses) keinen Zweifel, dass Lycosa blauhold ist.

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{1{\cdot}7}.$$

Tegenaria domestica L.

Beobachtungsumstände wie früher.

Weiss-Schwarz.

							Summe
Weiss	6	8	8	7	8		**43**
Schwarz	8	10	10	9	10	12	**5**

Die Hausspinne scheint gegen Helligkeitsdifferenzen noch gleichgiltiger als die Feldspinne zu sein, und wage ich auf Grund der geringen

Zal der vorstehenden Daten nicht zu entscheiden, ob dieselbe, wie man aus den Frequenzsummen schliessen müsste, wirklich dunkelliebend ist.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Rot—Blau m. Ultrav.

							Summe
Hell-Rot	(Nr. 6 / 5)	33	36	30	24	27	**150**
Dunkel-Blau	(Nr. 39 / 30)	21	18	18	13	9	**79**

Tegenaria ist somit unzweifelhaft blauscheu und dies lässt vermuten, dass sie zugleich phengophob ist.

Minimalverhältnis:

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Grün—Blau mit Ultrav.

						Summe
Hell-Grün	(Nr. 35 / 15)	16	15	14	16	**61**
Dunkel-Blau	(Nr. 40 / 900)	5	6	7	5	**23**

Die Hausspinne flieht somit das Blau auch dem Grün gegenüber.

Minimalverhältnis:

$$3)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Vermes.

Aulacostomum gulo Moq. Tand.

Je 6 bis 20 Individuen. Blechkasten, 5 cm. hoch mit Wasser, je 1 Abteilung. Beobachtung ca. jede Stunde. Jedesmal die Tiere verteilt und die Lichter vertauscht. 18. bis 30. August.[1])

Weiss-Schwarz.

Je 5 Beob.								Summe
Weiss	9	15	38	40	49	36	19	**206**
Schwarz	21	23	57	55	46	58	32	**292**

---

[1]) Ich mache darauf aufmerksam, dass man diese Tiere namentlich über Nacht gut verwahren muss, weil sie gerne aus dem Wasser herauskriechen. So fand ich eines Morgens einmal mein ganzes Material (bei 100 Stück) z. T. schon todt auf dem Boden des Zimmers zerstreut.

Dieses Frequenzverhältnis und der Umstand, dass bei 35 Beobachtungen die Mehrheit der Tiere 17mal im Schwarz war, lässt keinen Zweifel, dass der Pferdeegel, worauf schon seine Lebensweise schliessen lässt, ein lichtscheues Geschöpf ist.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{1{\cdot}4}.$$

Rot — Blau m. Ultrav.

	Hell-Rot (Nr. 6 / 6)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 40)		weniger Hell-Rot (Nr. 10 / 15)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 30)
Je 5 Beob.	78	37	Je 5 B.	92	33
	84	31		81	44
	76	39		66	59
	39	74		64	54
20 Beob.	**277**	**181**	20 Beob.	**303**	**190**
	1 :	0·7		1 :	0·6

Präferenz des Rot $= \frac{15}{20}$. Präferenz des Rot $= \frac{18}{29}$.

Trotz der Unvollkommenheit seiner Augen hat somit der Pferdeegel auch ein bedeutendes Farbenunterscheidungsvermögen, indem er, und zwar gegen seinen Helligkeitsgeschmack auf das allerentschiedenste das Rot dem Blau vorzieht.

Zugleich lehrt die Vergleichung der Ergebnisse beider Versuchsreihen, dass die Präferenz des Rot zunimmt, wenn die Helligkeit desselben (im Vergleich zum Blau) sich verringert.

Minimal-Verhältnis:

$$2)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Weiss ohne — Weiss m. Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Weiss o. uv. (Nr. 5* / 1·2)	Dunkel-Weiss m. uv. (Nr. 1 / 1·7)		Hell-Weiss o. uv. (Nr. 5* / 1·2)	s. Dunkel-Weiss m. uv. (Nr. 2 / 2·9)
Je 3 Beob.	40	26	Je 3 Beob.	45	36
	44	20		48	33
	59	25		46	35
	52	32		43	38
12 Beob.	**195**	**103**	12 Beob.	**182**	**142**
	1 :	0·5		1 :	0·7

Darnach ist Aulacostomum, im Gegensatz zu den meisten andern blauscheuen Tieren ausserordentlich ultraviolethold und zwar, wie man sieht, um so mehr, je geringer die relative Helligkeit des ultravioletfreien Weiss ist.

Minimalverhältnis:

$$2)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

Schon daraus kann man schliessen, dass beim früheren Versuch das Blau nicht des Ultraviolet wegen, sondern der sichtbaren Stralen halber gemieden wurde.

Blau ohne — Blau mit (wenig) Ultrav.

							Summe
Hell-Blau o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 46}}{60}\right)$	43	22	31	36	22	**154**
Dunkel-Blau m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 45}}{1000}\right)$	23	44	35	30	22	**154**

Da das ultravioletfreie Blau, obwol es sehr bedeutend heller wie das andere ist, gleich stark wie dieses besucht wurde, so spricht sich auch hierin wieder die Ultraviolet-Scheu unserer Tiere aus; denn wären sie gegen genanntes Licht gleichgiltig, so würde ja das dunklere ultraviolethältige Weiss viel stärker besucht werden.

Rot-Blau mit (wenig) Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Rot	Dunkel-Blau		Dunkel-Rot	Hell-Blau
	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$		$\left(\frac{\text{Nr. 11}}{225}\right)$	$\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$
Je 5 B.	52	39	Je 3 B.	35	31
	58	72		38	28
	64	64		33	33
	63	67		41	25
	52	78		32	34
	48	78		41	25
	30	60		31	13
	.	.		.	.
	.	.		.	.
52 B.	**553**	**547**	50 B.	**251**	**189**
	1 :	1		1 :	0·7

Im Hinblick auf die starke Rot-Präferenz bei den früheren Rot-Blau-Versuchen erscheint die hier zu Tage tretende Gleichgiltigkeit auf den ersten Blick sehr auffallend, und bleibt es vorläufig überhaupt

zweifelhaft, ob diese Abnahme der Rot-Präferenz in der grösseren Dunkelheit oder in der grösseren Homogenität des Blau seinen Grund hat. Auch will ich noch darauf aufmerksam machen, dass nach Verhältnis 3) sogar eine Abnahme der Blau-Frequenz zu erwarten gewesen wäre.

Nephelis vulgaris Moq. Tand.

Je 12 Tiere. Trog mit Wasser, je 1 Abteilung. Tiere verteilt, Lichter vertauscht.

Rot—Blau m. Ultrav.

	I.			II.	
	Hell-Rot (Nr. 6 / 5)	Dunkel-Blau (Nr. 39 / 40)		Dunkel-Rot (Nr. 6* / 25)	Hell-Blau (Nr. 38 / 7·3)
Je 2 B.	20	4	Je 2 B.	23	1
	20	4		21	3
	23	1		17	7
	19	5		19	5
	20	4		20	4
	21	3		16	8
12 B.	**123**	**21**		**116**	**28**
	1 :	0·1		1 :	0·2

Nach diesem Ergebnis zält Nephelis, wenigstens in Bezug auf die Rot-Blau-Unterscheidung, zu den farbenempfindlichsten Tieren, die wir haben kennen lernen, und ist speciell die Blau-Scheu oder Rot-Vorliebe dieses Egels vielmal grösser als bei Aulacostomum.

Das Mittel ist:

$$1)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}13}.$$

d. h. es kommen auf 100 Rotbesuche nur 10 Blauvisiten.

[1]) Nr. 6* = zwei Lagen Nr. 6.

IV. Abschnitt.

Vergleichende Übersicht der wichtigsten Unter suchungsergebnisse.

---

1. Ergebnisse in Bezug auf das Helligkeitsgefühl.

Ziehen wir zunächst die Helligkeitsempfindlichkeit beim weisse Licht und zwar beim maximalen Gegensatz Weiss-Schwarz, oder rich tiger Hell-Halbdunkel [1]) in Betracht, so ist wol selbstredend scho von vorne herein anzunehmen, dass alle mit Augen versehenen Tier so grosse Intensitätsabstände zu unterscheiden befähigt sind; es wa aber doch nicht vorauszusehen, dass, wie dies wirklich der Fall is die betreffenden Tiere ihrer Antipathie oder Sympathie für oder gege eine der in Rede stehenden Vergleichshelligkeiten fast allgemein auc durch Ausführung reactiver Bewegungen Ausdruck verleihen würder

Es genüge diesfalls einfach die Tatsache zu registrieren, dass vo den fünfzig Tieren, welche ich auf ihr phengopathisches Verhalte geprüft habe, alle mit Ausnahme von nur dreien, eine ausgesprochen Vorliebe für das Hell resp. für das Dunkel an den Tag legten.

Daraus dürfen wir nun wol schliessen, dass bei den Tieren da Helligkeitsgefühl ein ausserordentlich intensives und jedenfalls ir allgemeinen viel intensiver als bei uns selbst ist.

Aus naheliegendem Grunde gewährt es ein besonderes Interess die mittlere Stärke der Hell-Dunkel-Reaction kennen zu lerner

Diese ist auch, und dasselbe gilt von den mittleren Intensitäter anderer Licht-Reactionen, leicht zu berechnen, wenn wir bei der Summie rung der betreffenden Grössen davon absehen, ob die Tiere das Hel oder das Dunkel vorziehen und nur die Zal betrachten, welche anzeigt wie vielmal das präferierte Vergleichslicht stärker al das andere besucht wird.

Wir erhalten so für die in der nächsten Tabelle (pag. 228) aufge führten Tiere (mit Ausschluss des Triton und der Eidechse) den Betrag

---

[1]) Ich mache darauf aufmerksam, dass ich hier wie in diesem Werke über haupt die verschiedenen Helligkeitsabstufungen des Weiss nicht als besonder Qualitäten im Sinne Herings auffasse und daher auch den Ausdruck „grau“ beflissentlich vermeide.

$$\text{I. Hauptmittel } \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = 4{\cdot}0,$$

welche Zal besagt, dass im Durchschnitt das eine der beiden Lichter 4mal mehr als das andere frequentiert wird.

Bilden wir in der obigen Weise das Mittel einerseits für die (23) phengophilen (helle-holden) und andererseits für die (16) phengophoben (dunkel-holden) Tiere, so erhalten wir:

$$\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} \text{ phengophil} = 3{\cdot}9, \text{ phengophob} = 4{\cdot}1.$$

Insoferne der Reactionsquotient überhaupt als Mass der Gefühlsintensität gelten kann, dürfen wir sonach sagen, dass die Unlust der phengophilen Tiere am Dunkel ungefär ebenso gross ist, als die Unlust der phengophoben am Hell.

Die Tiere reagieren aber nicht nur, und zwar meist in sehr auffallender Weise auf so grosse Helligkeitscontraste, wie Weiss-Schwarz, sondern, in der Regel wenigstens, auch auf kleinere Differenzen.

So ist beispielsweise beim Schwein beim Helligkeitsverhältnis $\frac{1}{3}$ der Reactionsquotient $\frac{1}{0{\cdot}5}$, also fast so gross wie bei Weiss-Schwarz. Ungefär dieselbe Höhe erreicht er ferner beim Stieglitz, ja bei letzterem macht sich schon (bei gelbem Licht) eine namhafte Differenz bei dem minimalen Helligkeitsunterschied $\frac{1}{1{\cdot}4}$ bemerkbar.

Überaus empfindlich für kleinere Intensitätschwankungen ist dann u. A. der Triton, der beim Helligkeitsverhältnis $\frac{1}{3}$ so stark $\left(\frac{1}{2{\cdot}7}\right)$ wie viele Tiere bei Weiss-Schwarz reagiert.

Beim gleichen Tier (vgl. pag. 108 etc.) ist auch zu sehen, dass mit der Zunahme des Helligkeitsunterschiedes auch die Reactionsstärke stetig wächst.

Es ergab sich nämlich:

Helligkeitsverhältnis:	Reactionsquotient:
1) $\frac{1}{1{\cdot}7}$	1·5
2) $\frac{1}{3}$	2·7

Ähnliches finden wir dann auch bei Blatta, nur mit dem Unterschied, dass schon beim Helligkeitsverhältnis $\frac{1}{3}$ Gleichgültigkeit eintritt.

Helligkeitsverhältnis:	Reactionsquotient:
1) $\frac{1}{\infty}$	7
2) $\frac{1}{27}$	4·6
3) $\frac{1}{9}$	4
4) $\frac{1}{3}$	1

Bezüglich des letztgenannten Tieres erinnere ich dann noch kurz an die bereits im speciellen Teil näher besprochene Tatsache, dass hier bei gleichen Helligkeitsdifferenzen der Vergleichslichter die Empfindlichkeit im allgemeinen um so grösser erscheint, je intensiver das hellere Vergleichslicht ist.

Ganz besonders beachtenswert sind endlich die Ergebnisse bezüglich der relativen Helligkeitsempfindlichkeit bei ungleichen Lichtqualitäten.

Ich teile dieselben zunächst, der bessern Übersicht wegen, in tabellarischer Form mit.

	Weiss	Blau	Rot
Schwein (weiss- und blauliebend)	$\left(\frac{1}{3}\right)$ $\frac{1}{0·5}$ [1]	—	$\left(\frac{1}{9}\right)$ $\frac{1}{2}$
Stieglitz (weiss- und blauliebend)	$\left(\frac{1}{3}\right)$ $\frac{1}{0·4}$	$\left(\frac{1}{900}\right)$ $\frac{1}{0·6}$	$\left(\frac{1}{81}\right)$ $\frac{1}{0·16}$
Triton (rotliebend)	$\left(\frac{1}{8}\right)$ $\frac{1}{2·7}$	—	$\left(\frac{1}{225}\right)$ $\frac{1}{1·6}$
Cobitis (rotliebend)	$\left(\frac{1}{\infty}\right)$ $\frac{1}{2·1}$	—	$\left(\frac{1}{16875}\right)$ $\frac{1}{1}$
Blatta germanica (rotliebend)	$\left(\frac{1}{9}\right)$ $\frac{1}{4}$	$\left(\frac{1}{9}\right)$ $\frac{1}{1·4}$	$\left(\frac{1}{9}\right)$ $\frac{1}{1·2}$
Chrysomela (rotliebend)	$\left(\frac{1}{\infty}\right)$ $\frac{1}{4}$	—	$\left(\frac{1}{125000}\right)$ $\frac{1}{1}$

In Worte umgesetzt sind nun die Verhältnisse der Reihe nach folgende:

1. Das Schwein zieht (innerhalb der bezeichneten Gränzen) beim Weiss das Hell, beim Rot das Dunkel vor.

2. Der im Ganzen sehr lichtholde Stieglitz meidet das Dunkel des Rot (81) fast dreimal stärker als jenes von Blau (900), trotzdem

---

[1]) Der eingeklammerte Bruch bezeichnet, u. zw. in der üblichen Weise das Helligkeits-, der andere Bruch das Frequenz-Verhältnis. So bedeutet z. B. $\left(\frac{1}{\infty}\right)$: $\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}}$, $\left(\frac{1}{3}\right)$: $\frac{\text{Hell}}{\text{3mal weniger Hell.}}$

ersteres fast 10mal heller, also scheinbar (im Hinblick auf das Weiss-Verhalten) günstiger als letzteres ist.

3. Der Triton zieht das Dunkel bei Weiss viel stärker (2·7) als bei Rot (1·6) vor, trotzdem letzteres mindestens 50mal weniger hell also scheinbar anziehender ist.

4. Cobitis reagiert auf Weiss-Helligkeitsdifferenzen ziemlich stark (Weiss-Schwarz = 2·1), auf diverse relativ sehr grosse Rot-Intensitäts-Unterschiede aber (vgl. pag. 127 ff) fast gar nicht.[1])

5. Die Küchenschabe zieht das Dunkel beim Weiss weniger, beim Blau (bei gleichem Intensitätsverhältnis) dem Hell viel stärker (4, 1·4) vor als beim Rot (1·2).

6. Chrysomela reagiert auf Weiss-Intensitäts-Unterschiede ausserordentlich stark (vgl. pag. 180 ff), auf Rot-Helligkeits-Differenzen aber, selbst wenn sie eine sehr bedeutende Höhe erreichen (125000), gar nicht.

Fassen wir nun die mitgeteilten Resultate zusammen, so ergibt sich daraus zunächst, dass, wenigstens bei gewissen Tieren, die Helligkeits-Empfindlichkeit für verschiedene Lichtqualitäten unter sonst gleichen Umständen eine sehr ungleiche ist, und dass gelegentlich selbst fundamentale Differenzen bezüglich des Helligkeits-Geschmackes vorkommen, indem bei der einen Qualität das Hell, bei der andern das Dunkel vorgezogen wird.

Die in Rede stehenden Beobachtungen gestatten uns aber auch, wie ich gelegentlich schon früher hervorhob, trotz ihrer Lückenhaftigkeit einen Schluss hinsichtlich der Ursache der letzterwähnten höchst auffallenden Erscheinung.

Erwägen wir nämlich speciell in Betreff der vier letzten Tiere der obigen Tabelle, welche, trotz ihrer Lichtscheu beim weissen resp. blauen Licht, alle das dunklere Rot relativ viel weniger als das dunklere Weiss (und resp. das Blau und Ultraviolet) frequentieren, dass dieselben eine ganz auffallende Vorliebe für das Rot gegenüber dem Weiss (resp. Blau und Ultrav.) besitzen, so ist ihre Gleichgiltigkeit für Helligkeitsdifferenzen der erstgenannten Lichtqualität leicht zu begreifen. Der Grund ist nämlich der, dass offenbar den Tieren, ganz so wie uns selbst, im allgemeinen ein Plus der Lieblingsqualität weniger unangenehm (ja unter Umständen sogar angenehmer) als ein solches der Unlustqualität ist.

---

[1]) Man beachte, dass das hier angewendete dunklere Rot (16875) beinahe Schwarz erscheint.

Über-
der wichtigsten Helligkeits-

(Nachstehende Zalen [Reactionsquotienten] geben an, wie vielmal bezeichnete frequentiert wird, und beziehen sich die fettgedruckten

Name des Versuchstieres	Weiss-Schwarz	Rot-Blau m. uv.	Rot-Gelb	Rot-Grün	Gelb-Grün
Mammalia.					
1) Sus europaeus Pall.	0·40	1·80	1·30	0·40	1·60
2) Canis familiaris L. .	0·08	12·00			
3) Felis domestica L. .	1·00?	1·00?		1·00?	
4) **Lepus cuniculus L.**	**4·00**	**1·00**			
Aves.					
5) Fringilla carduelis L.	0·15	3·00	1·70	2·00	1·00
6) Passer domesticus L.	0·50	1·80	1·20?	1·70?	
7) **Pyrrhula vulg. Briss.**	**2·70**	**1·40**		**1·70**	
8) **Corvus corax L. . .**	**4·70**	**0·40**			
9) Columba domestica L.	1·00?	0·80		1·00?	
Reptilia.					
9*) **Lacerta agilis L. .**	**4·60**	**0·20**		**0·30**	
9**) **Anguis fragilis L. .**	**31·00**	**0·15**			
Amphibia.					
10) **Triton cristatus Laur.**	**159·00**	**0·07**	**0·60**	**0·70** ?	**0·20** ?
11) **Rana esculenta L. .**	**1·50**	**0·60**		**0·70**	
12) **Bufo vulgaris Laur.**	**8·40**	**1·20** ?		**2·00**	
Pisces.					
13) **Cobitis barbatula L.**	**2·10**	**0·50**		**0·70**	
14) **Alburnus spec. . . .**	**2·10**	**0·50**			
Mollusca.					
15) Planorbis corneus .	0·40	1·20?			
16) Limnaeus stagnalis .	0·30	2·00			
17) Helix nemoralis L. .	0·40				
Insecta.					
(Pseudoneuroptera.)					
18) **Libellula depressa L. Larve . . . . . .**	**1·50**	**0·30**	**0·90**	**0·60** ?	**0·70**
19) Agrion puella L. .	0·06	5·00	1·00?	1·00?	
(Orthoptera.)					
20) **Blatta germanica L.**	**7·00**	**0·20**	**0·70**	**0·50**	
21) Stenobothrus variabilis L.	0·30?	1·80		1·20	
22) Pezotettix alp. Koll.	0·30	2·00			
23) **Gryllotalpa vulg. L.**	**3·00**	**0·50**		**0·60**	
(Neuroptera.)					
Panorpa communis L.		0·60		0·50	

s i c h t

und Farbenreactionen der Tiere.

das an zweiter Stelle genannte Licht stärker als das zuerst Zalen auf dunkelholde, die anderen auf dunkelscheue Tiere.

Gelb-Blau m. uv.	Grün-Blau m. uv.	Blau o. uv.-Blau m. uv.	Weiss-o. uv.-Weiss m. uv.	Weiss m. uv. Blau m. uv.	Weiss-Rot	Rot-Schwarz
0·80	0·50		2·00			
2·00	2 20	1·60	1·60	0·40 ?		0·20
1·20	2·50			1·40	0 18	
	0·60	**2·50**				
0·50						**9·00**
	1 00 ?					
	0·20		**0·50**			**0·90**
0·20	**0·30**	**0·16**	**0·60**			
	0·60					
	0·90	**1·20**			**2·20**	
0·30	**0·20**	**0·60**	**0·70**			
	6·00		1·00	1·00		
	0·10	**0·10**	**0·50**	**0·70**		**0·80**
	1 00 ?		0·10			
	0·50					

2. Ergebnisse in Bezug auf das Farbengefühl.

Verbreitung des Farbengefühles.

Meine Untersuchungen über die Verbreitung eines in reactiven Bewegungen sich äussernden Farbengefühles unter den verschiedenen Tieren ergaben das gerade Gegenteil von dem, was hierüber nach den Ansichten Grants[1]) zu erwarten gewesen wäre. Während nämlich Grant, wie schon im Vorwort erwähnt wurde, steif und fest behauptet, dass die Tiere nur ausnahmsweise auf chromatische Differenzen reagieren, in der Regel uns aber ihren Farbengeschmack hartnäckig verheimlichen, zeigen meine Experimente, dass im allgemeinen das Reagieren die Regel und das Nichtreagieren die Ausnahme ist, denn von den fünfzig hierauf untersuchten Tieren waren es nicht weniger als vierzig, welche eine unzweifelhafte Farben-Vorliebe an den Tag legten.

Beifügen will ich noch, dass die zehn andern Formen, bei welchen ich bisher keine solchen Reactionen constatieren konnte, gerade den höchsten Classen angehören, also solche sind, bei denen wir mit Rücksicht auf den Bau ihrer Augen wenigstens das Vermögen der Farbenunterscheidung voraussetzen dürfen.

Es sind dies: die Katze, das Meerschweinchen, das Kaninchen, ferner die Taube, das Huhn, der Papagei und endlich, aus der Abteilung der Reptilien, die Schildkröte.

Allgemeines Verhalten in Bezug auf die Vorliebe für gewisse Farbengattungen.

Eh' ich an die Darlegung der einschlägigen Ergebnisse meiner Untersuchungen gehe, will ich früher noch in Kürze über die Anschauungen berichten, welche bezüglich des allgemeinen Farbenverhaltens der Tiere bisher ausgesprochen wurden.

Merkwürdigerweise gehen diese Anschauungen, wie ich schon zum voraus bemerke, fast alle dahin, dass sämmtliche Tiere oder doch wenigstens die Tiere einer und derselben Hauptgruppe in ihrem Farbengeschmack übereinstimmen.

In der allgemeinsten Weise spricht sich diesfalls zunächst Grant an der folgenden Stelle (p. 20) aus: „So wie jedoch, heisst

---

[1]) The colour sense etc. London 1879; in deutscher Übersetzung mit einer Einleitung von E. Krause in den „Darwinistischen Schriften“ Nr. 7, 1880.

es, trotz jener logischen und metaphysischen Schwierigkeit (dass sich nämlich Niemand über die Natur der Empfindungen eines andern lebenden Wesens eine nähere Vorstellung machen kann) zwei Menschen niemals ernsthaft und in Wirklichkeit die wesentliche Übereinstimmung ihrer bezüglichen Empfindungen bezweifeln, so, denke ich, werden wir auch im vorliegenden Falle in der Zu- oder Abneigung gegen gewisse Geschmäcke, Gerüche, Töne und Farben eine gewisse Übereinstimmung (a general agreement in the likes and dislikes) finden, die durch zwei grosse Gruppen von Tieren hindurchgeht, deren allgemeine Lebensgewohnheiten in der Hauptsache (!) zusammenfallen, so dass wir ohne Bedenken sagen dürfen, unsere Vorstellung von Farbe entspreche in Wirklichkeit derjenigen der Vierfüssler, Vögel, Fische und Insecten." —

Indem ich mir die Erörterung der Frage hinsichtlich der hier behaupteten Congruenz in der Beschaffenheit der Farbenempfindungen oder Vorstellungen bei verschiedenen Tieren für später aufspare, sei vorläufig nur betont, dass hier Grant (in dem gesperrtgedruckten Passus) ausdrücklich auch die Übereinstimmung der Tiere hinsichtlich ihres Farbengeschmackes behauptet.

Nicht minder bestimmt lautet dann eine einschlägige Äusserung von E. Krause, die sich indess nur auf gewisse Vertebratenclassen bezieht. Er sagt nämlich (l. c. pag. X): „Hiebei zeigt sich nun als allgemeine Erfahrung, dass das Auge der Vögel, Säugetiere und Menschen durch ein feuriges Rot am stärksten erregt wird; ich erinnere nur an die Aufregung des Truthahns, der Stiere in den Schaugefechten durch rote Tücher und an das Gefallen der Landleute an brennend roten Kleidern, der Kinder an roten Bildern." Hinzufügen muss ich hier noch, dass Krause, wie aus der Begründung seiner Behauptung zu entnehmen ist, der Ansicht ist, dass „starkes Erregtwerden" durch eine Farbe ohne weiteres ein „Gefallen" an derselben bekunde, als ob dasselbe gelegentlich z. B. gerade beim Truthahn nicht ebensogut der Ausdruck von Zorn, Ärger oder einem ähnlichen Unlustaffect sein könnte!

Bei dieser Gelegenheit muss ich auch noch kurz gewisser Studien von Dewar und Chatin [1]) erwähnen.

---

[1]) Joh. Chatin. Contributions experimentales à l'étude de la Chromatopsie chez les Batraciens, les Crustacées et les Insectes. Paris. Gauthiers-Villars. 1881.

Diese Forscher machten bei mehreren Tieren interessante Experimente über die elektromotorische Wirkung verschiedenfarbiger Lichter auf die Augen resp. auf die damit verbundenen Nerven-Gewebe und stellen als Ergebnis derselben den Satz auf, dass überall das Maximum des Effectes durch jene Spectrallichter, welche uns am intensivsten erscheinen, d. i. durch das Gelb und Grün hervorgebracht wird.“ [1])

Es liegt nun zwar auf der Hand, dass die in Rede stehenden Resultate mit unserer Frage in keinem unmittelbaren Zusammenhange

---

[1]) „Le maximum d'effet est produit par les parties du spectre, qui nous paraissent les plus lumineuses, c'est-à-dire par le jaune et le vert“ (pag. 112).
Indem ich bezüglich der Methode der einschlägigen Chatin'schen Experimente, die mir in manchen Punkten sehr bedenklich erscheint, auf das Original verweise, gebe ich im Nachfolgenden auszugsweise eine kurze tabellarische Zusammenstellung der erhaltenen aber vom Autor nichts weniger als übersichtlich geordneten Zalenwerte. Dieselben geben an, um wieviel Grade die Magnetnadel durch den elektrischen Strom abgelenkt wird.

Name des Tieres	Weiss	Gelb	Grün	Blau-Viol.	Rot
Krebs.	12 3	30 20	18 9	8 8	0 2
	7 15	25 14	17 4	10 10	2 0
	6 3	30 14	25 6	9 6	1 1
	5 2	6	25 10	5 6	1 2
	3 6	4			1
	5 10	30			
	5 9	12			
(Mittel)	**6°**	**18°**	**14°**	**8°**	**1°**
Hydrophilus.	8 3 2	12	8 7	7	0 2
	10 2 4	5	6 6	4	0 1
	10 7 8	8	7 10	9	1 1
	10 3	8	5		2 2
	6 4				
	3				
(Mittel)	**6°**	**8°**	**7°**	**7°**	**1°**
Frosch.	12 12	21 20	18 17	10 16	5 10
	7 11	19 20	16 12	9 14	3 3
	12 8	18 21	17 15	6	6
	11 12	14 15	16		
	8				
(Mittel)	**10°**	**18°**	**16°**	**11°**	**5°**

Man beachte u. a., dass speciell bei Hydrophilus durchaus *kein entschiedenes Überwiegen der Wirkung des Gelb über jene des Weiss, Grün und Blau zu constatieren ist.*

stehen — denn die Vorliebe für eine gewisse Farbe und die elektromotorische Wirkung, welche dieselbe in der Netzhaut resp. in den im Stromkreis eingeschalteten (sehr verschiedenartigen!) Körpergeweben verursacht, sind ja offenbar ganz heterogene wenn auch vielleicht causal verknüpfte Erscheinungen; — da indess Chatin seine Studie ausdrücklich als eine „chromatoptische" d. i. also als eine auf das Wahrnehmen der Farben bezügliche bezeichnet, wodurch ihr implicite eine psychophysische Bedeutung beigelegt wird, und sich ausserdem noch auf die schon eingangs besprochene Arbeit von P. Bert beruft, insoferne derselbe bekanntlich betreffs der Daphniden zu einem in gewisser Hinsicht ähnlichen Resultate gekommen ist, so gewinnt es beinahe den Anschein, als ob Chatin der Meinung wäre, dass die oben bezeichneten farbigen Lichter Gelb und Grün ganz allgemein auch den grössten psychischen Effect (im Sinne der Lust) hervorbrächten. [1])

Gehen wir nun auf die Ergebnisse der eigenen Beobachtungen über. Ein Blick auf die Übersichtstabelle (pag. 226) lehrt sofort, dass von einer allgemeinen Übereinstimmung des Farbengeschmackes bei den Tieren absolut keine Rede sein kann, denn, die einen ziehen kurzwelliges, die andern langwelliges, einige auch (im ganzen wie es scheint ein sehr geringer Bruchteil) mittellangweliges (d. i. grünes und grünblaues) Licht vor.

Eine Übereinstimmung im Farbengeschmack findet man aber, in der Regel wenigstens, nicht einmal bei den Mitgliedern der Hauptabteilungen des Tierreichs.

Um diesfalls mit den Säugern zu beginnen, so erwiesen sich jene zwei Formen, die überhaupt auf Farben reagierten, allerdings beide als blau-, das Schwein jedoch zugleich als grün-liebend; wer möchte aber nun die Behauptung wagen, dass alle Säuger kyanophil seien? Im Vorbeigehen mach' ich darauf aufmerksam, dass allein schon durch die constatierte Blau-Vorliebe des Schweines und Hundes Krause's oben angeführte Behauptung vollständig widerlegt ist.

Was dann die Vögel betrifft, so kann sicherlich auch diesen nicht länger ein gleicher Farbengeschmack zugeschrieben

---

[1]) Hier sei noch bemerkt, dass aus dem übereinstimmenden Verhalten von nur drei Versuchsobjecten, die zudem noch alle lichtscheu sind, wol nicht der Schluss gezogen werden darf, dass sich diese Congruenz auf sämmtliche Tiere (!) erstrecke. —

werden, denn von den 5 untersuchten Formen sind 3 blau- u. 2 rotliebend.

Ähnlich verhält es sich weiters bei den Amphibien, von welchen Triton und Rana entschieden erythrophil, Bufo dagegen (contra Grün) erythrophob ist.

Die untersuchten zwei Fische sind allerdings beide rothold, doch kann daraus offenbar, ähnlich wie bei den Säugern, kein Schluss bezüglich des allgemeinen Verhaltens dieser Tiere gezogen werden.

Indem ich von den Weichtieren, die bekanntlich nur flüchtig untersucht wurden (nur für Limnaeus scheint mir die Blau-Vorliebe sicher constatiert), ganz absehe, und mich zu den an relativ vielen Repräsentanten studierten Insecten wende, so tritt hier die Verschiedenheit des Farbengeschmackes besonders deutlich vor, und mache ich in Kürze nur darauf aufmerksam, dass nicht einmal in den kleineren Abteilungen irgend eine durchgreifende Übereinstimmung herrscht, indem z. B. bei den Pseudoneuropteren, den Orthopteren, den Rhynchoten, Hymenopteren und Coleopteren abwechselnd bald Blau-, bald Rot- und gelegentlich auch Grün-Vorliebe angetroffen wird.

Endlich scheint auch bei den Spinnentieren die eine der untersuchten zwei Formen, nämlich Lycosa blau-, die andere (Tegenaria) rotliebend zu sein.

Die Haltlosigkeit der Annahme, dass alle Tiere denselben Farbengeschmack besitzen, wird aber durch nichts besser illustriert als durch die Tatsache, dass nicht einmal immer ein und dasselbe Tier im Laufe seines Lebens die gleiche Farben-Vorliebe beibehält. Ich denke hiebei — der einschlägigen Studien wurden leider nur wenige gemacht — speciell an die Libelle, die als lichtscheue Larve das Rot, als phengophiles Imago hingegen das Blau vorzieht.

Wenn dagegen bei Pieris crataegi die biologisch nicht minder differenten Lebensstadien Raupe und Falter beide blauliebend sind, so beweist dies nur, dass eine Änderung der Lebensweise bez. der Organisation nicht notwendig auch von einem Wechsel oder gar von einem totalen Umschlag des Farbengeschmackes begleitet sein muss.

In Bezug auf die weitere Frage, ob gelegentlich auch Tiere unter sonst gleichen Umständen in Folge gewisser äusserer Einwirkungen in verschiedenen Perioden ihres Lebens einen ungleichen Farbengeschmack aufweisen können, fehlen mir vorläufig alle Anhaltspunkte. In der Regel zeigen die Tiere (mit Einschluss der domesticierten) eine oft geradezu frappierende Constanz der Farben-

Reaction [1]) und wenn eine Änderung bemerkbar wird, so bezieht sich dieselbe nur auf die Stärke der reactiven Bewegungen oder auf die Intensität der durch die betreffenden Farben erzeugten Lust- und Unlustaffecte.

Zum Schlusse muss ich endlich noch auf die bereits in den früheren Blättern näher bewiesene Tatsache aufmerksam machen, dass bei einigen Tieren überhaupt gar keine absolute Vorliebe für eine bestimmte Farbe existiert, sondern der Geschmack je nach der Zusammenstellung der Vergleichslichter ein anderer ist.

So wird, um nur ein Beispiel anzuführen, bei Chrysomela (pag. 183) das Rot entschieden dem Grün vorgezogen (0·60), während letzteres vis-à-vis dem ultraviolethältigen Blau stärker anziehend (0·18) als das sonst voranstehende Rot (0·20) wirkt.

Relative Stärke der Farben-Vorliebe bei verschiedenen Differenzen der Wellenlänge der Vergleichslichter.

Ein auch nur flüchtiger Überblick über die Ergebnisse der einzelnen von mir unternommenen Farbenwal-Prüfungen lässt sofort erkennen, dass im allgemeinen, wie schon a priori zu vermuten ist, die Grösse oder Stärke der Vorliebe für gewisse Farben, wie sie sich in den betreffenden Frequenzzalen ausdrückt, je nach der Qualität des Lichtes, mit dem die Lieblingsfarbe in Vergleich gebracht wird, eine sehr verschiedene ist.

So wird z. B., um einen bestimmten Fall herauszugreifen, beim Triton das Rot cca 14mal stärker als Blau frequentiert, während dasselbe Rot dem (allerdings wie bekannt nicht monochromatischen) Gelb gegenüber nur eine beiläufig 1·7mal grössere Frequenz aufweist, und unterliegt es demnach wol keinem Zweifel, dass beim bezeichneten Tier factisch auch die Vorliebe für das Rot resp. das Lustgefühl an demselben contra Blau sehr bedeutend grösser als contra Gelb ist.

---

[1]) Als Beleg für die grosse Constanz der Farbenreaction resp. Farbenfrequenz will ich hier nur ein paar Beispiele anführen.

	Rot	Blau
Cobitis. 1 R.	386	214
2 R.	383	217

	Rot	Grün
Frosch 1 R.	225	175
2 „	225	175
3 „	238	162
4 „	240	160
5 „	228	172

Eine entsprechende Vergleichung der einzelnen Resultate, am besten an der Hand der obigen Tabelle, gibt uns aber noch nähere Aufschlüsse. Sehen wir nämlich davon ab, ob ein Tier von zwei Farben die eine oder die andere vorzieht, und halten wir uns lediglich an den Reactionsquotienten (von dem wir bald den wahren, bald den reciproken Wert nehmen) beziehungsweise an die Höhe des Gefühlscontrastes, den die betreffenden Lichter verursachen, so zeigt sich bei den untersuchten Tieren insoferne eine sehr wichtige Übereinstimmung, als, mit nur wenigen Ausnahmen, überall das Maximum der Wirkung auf eine und dieselbe Farben-Zusammenstellung, nämlich auf Rot contra Blau m. uv. fällt.

Leider wird eine strenge ziffermässige Vergleichung der bei den verschiedenen Farben-Zusammenstellungen erlangten Reactionswerte dadurch sehr beschränkt, dass, wie die Tabelle lehrt, die betreffenden Untersuchungen bei manchen Tieren lückenhaft blieben resp. dass nicht alle erforderlichen Zalen vorliegen.

Indessen können wir uns damit helfen, dass wir erstens die sehr unvollständig geprüften Tiere ganz weglassen, und dass wir ferner nur die am häufigsten untersuchten Farbenvergleichungen in Betracht ziehen.

Auf diese Weise erhält man nun für die nachbenannten Farben-Gegensätze folgende Mittelwerte. [1])

II. Rot—Blau m. uv. = 4·09
III. Rot—Grün = 1·65
IV. Grün—Blau m. uv. = 2·84
V. Blau o. uv.—Blau m. uv. = 2·29.

---

[1]) Ich bemerke hier zunächst, dass die Mittelwerte sich auf je 15 Zalen beziehen, und dass die sonst sehr completen Ergebnisse von Culex wegen des ausnahmsweise enormen Überwiegens der Grün-Wirkung (contra Rot) nicht eingerechnet wurden. Was das Rechnungsverfahren betrifft, so bestimmte ich zuerst das Mittel jener Zalen, welche grösser als 1 sind, hierauf das Mittel jener, welche kleiner sind. Vom letzteren wurde dann der reciproke Wert genommen. Ich teile hier noch beide Durchschnittszalen mit, weil sich daraus ergibt, dass bei gleichem Farbengegensatz die Reactionshöhe ungefähr dieselbe ist, ob nun die Präferenz im einen oder im anderen Sinne erfolgt.

	Rot Blau m. uv.	Rot Grün	Grün Blau	Blau o. uv. Blau m. uv.
Mittel bei der Vorliebe für die erstgenannte Farbe	4·95	1·80	3·59	2·03
Mittel bei der Vorliebe für die zweite Farbe	3·23	1·51	2·09	2·56
Hauptmittel	4·09	1·65	2·84	2·29

Wie man sieht, ist der Gefühlscontrast bei Rot-Blau m. uv. tatsächlich im Durchschnitt sehr auffallend grösser als bei den andern drei Lichter-Verbindungen.[1] — Beachtet man nun ferner, dass auch die übrigen Farben-Gegensätze, nämlich Rot-Gelb, Gelb-Grün und Gelb-Blau (in gleicher Weise berechnet) viel kleinere Mittelwerte als der von Rot-Blau ist, geben, so erweist sich der letztgenannte Farbencontrast in der Tat als derjenige, der im allgemeinen überhaupt das Gefühl der Tiere weitaus am stärksten afficiert, während Rot-Gelb und Gelb-Grün im ganzen die kleinste Wirkung hervorbringen. Diesem, wie mich dünkt, sehr bedeutungsvollen Ergebnis können wir einen allgemeinen Ausdruck verleihen, wenn wir die Differenzen der Wellenlänge der Vergleichslichter ins Auge fassen. Es zeigt sich dann nämlich, **dass der reactive Erfolg der Wirkung von je zwei farbigen Lichtern im allgemeinen um so grösser erscheint, je weiter dieselben im Spectrum von einander abstehen oder je grösser die Differenz ihrer Wellenlänge ist.**

Empfindlichkeit für das Ultraviolet.

Die Empfindlichkeit für das uns unsichtbare ultraviolette Licht, welche Lubbock zuerst bei den Ameisen und Daphniden nachgewiesen hat, ist keineswegs eine vereinzelte Erscheinung, sondern ich constatierte dieselbe fast bei gar allen (20) Tieren, die ich hierauf eingehender untersuchte, und können wir sonach wol den Satz aufstellen, dass ein höherer oder geringerer Grad von Ultraviolet-Empfindlichkeit überhaupt den meisten Tieren zukommt.[2]

---

[1] Man übersehe nicht, dass es sich hier in der Tat um sehr bedeutende Unterschiede handelt, die, zumal mit Rücksicht auf die Constanz der betreffenden Verhältnisse, unmöglich auf blossen Zufälligkeiten beruhen können, und beachte ferner, dass diese Zalen, da die ihnen zu Grunde liegenden Reactionswerte vielfach nur minimale sind, mit Rücksicht auf das wirkliche Verhalten eher zu klein als zu gross sind.

[2] Um zu zeigen, wie weit sich auch in diesem Punkte wieder die Behauptungen Grants von der Wirklichkeit entfernen, kann ich mir nicht versagen, die betreffende Stelle seines Buches (p. 16) hier vollinhaltlich mitzuteilen.

„Was die dritte Classe der Äther-Schwingungen betrifft, so heisst es, d. h. die schnellsten oder die chemischen Wellen, so sind ihre Schwingungen so leise und unerheblich (!), dass wir niemals Anlass hatten, irgend einen Sinn zu deren Wahrnehmung zu entwickeln. Erst ganz neuerdings und auf ganz indirectem Wege gelangten wir zur Kenntnis ihres Daseins. Sie bringen weder auf unorganische Substanzen noch auf animalische Körper irgend eine auffallende Wirkung hervor,

Stellt man behufs einer näheren Vergleichung der auf das Ultraviolet bezüglichen Reactionsgrössen eine ähnliche Berechnung wie früher für die Farbenscale überhaupt an, so kommt man auf folgende Mittelwerte.

VI. Rot—Blau m. uv. = 4·97 [1])
VII. Blau o. uv.—Blau m. uv. = 2·66
VIII. Weiss o. uv.—Weiss m. uv. = 2·21
Hauptmittel:
XI. Licht m.—Licht o. uv. = 2·43.

Daraus erhellt nun Folgendes. Erstens sieht man, dass der Frequenzunterschied bei zwei Lichtern, die sich nur durch den Gehalt an Ultraviolet unterscheiden (d. i. Blau und Weiss mit und ohne Ultrav.) ein verhältnismässig sehr grosser ist, indem das eine Licht durchschnittlich mehr als zweimal so stark wie das andere besucht wird. Wie der Vergleich mit dem früheren Mittel II (pag. 236) lehrt, ist die Ultraviolet-Wirkung sogar beträchtlich grösser als die Rot-Grün-Wirkung, d. h. ein namhaftes Plus oder Minus von unsichtbarem kurzwelligen Licht

so dass wir uns nicht zu wundern brauchen, dass wir noch nicht im Stande waren, sie zu bemerken, sei es mit unserem gesammten Organismus, oder mit einem speciellen Organ. Was aber keinen Einfluss auf die Erhaltung unserer Art hat, kann auch niemals eine Wirkung auf die Modification unserer Sinne üben. (?)

Wir können somit hinreichend verstehen, wie man von diesen drei Arten von Ätherwellen, die nur in ihrer Grösse und Schwingungsdauer sich von einander unterscheiden, als von durchaus verschiedenen (?) Kräften sprechen kann. Die langsamsten Wellen afficieren alle stofflichen (!) Substanzen gleicherweise und werden demzufolge (!) von unserem Gesammtkörper als Wärme erkannt („cognised"). Die mittleren Wellen werden in verschiedenen Verhältnissen von fast allen Substanzen, auf die sie fallen, zurückgeworfen, besitzen aber nur geringe Fähigkeit in ändernder Weise einzuwirken, und werden deshalb nur (?) durch ein ganz specielles Organ, das Auge wahrgenommen; die geschwindesten Wellen endlich sind für unsern gegenwärtigen Zweck indifferent und werden deshalb von uns gar nicht oder doch nur mittelbar mit Hilfe des Verstandes (!) erkannt." —

[1]) Wie oben gebe ich anmerkungsweise auch hier wieder beide Mittel an:

	Rot Blau m. uv.	Blau o. uv. Blau m. uv.	Weiss o. uv. Weiss m. uv.
Mittel bei d. Vorliebe für die erstgenannte Farbe	3·70	2·70	2·63
Mittel bei d. Vorliebe für die zweite Farbe	6·25	2·62	1·79
Hauptmittel	4·97	2·66	2·21

afficiert das Gefühl der Tiere im allgemeinen stärker als der Gegensatz zwischen zwei weit entfernt stehenden sichtbaren Spectrallichtern.

Fürs zweite ergibt sich dann aus obigen Mitteln, dass die Wirkung des Ultraviolet ziemlich gleich bleibt, ob dasselbe dem weissen oder dem blauen Lichte beigemischt ist. Drittens endlich lehren uns die in Rede stehenden Zalen, dass die starke Reaction bei Rot-Blau m. Uv. in der Regel zu einem grossen Teile (im Durchschnitt ungefähr zur Hälfte) durch das dem Blau beigegebene Ultraviolet bedingt ist.

Eine bemerkenswerte Ausname von dem zuletzt erwähnten Gesetz fand ich u. A. bei Culex und Cobitis. Erstere Form liebt das ultravioletlose Blau (contra Rot) mehr als das ultraviolethältige, während sich Cobitis gerade umgekehrt verhält, d. h. blauscheu ist, dabei aber eine Zumischung von Ultraviolet zur Unlustfarbe dem reinen Blau vorzuziehen scheint. Hierher gehört dann u. A. auch das Verhalten bei Chrysomela, wo ich für Grün-Blau o. uv. eine grössere Zal als für Rot-Blau m. uv. erhielt.

Schwankungen der Stärke der Farbenvorliebe bei verschiedenen Tieren und Farbengegensätzen.

Sowie man die relative Intensität der Farbenreactionen für verschiedene Differenzen der Wellenlänge bestimmen kann, so lässt sich selbstverständlich auch und nach derselben Methode die Stärke des Farbengeschmackes für die einzelnen Versuchstiere abschätzen, vorausgesetzt natürlich, dass die Beobachtungsbedingungen entsprechend gleiche sind. Da Letzteres aber bei unseren Versuchen keineswegs der Fall war, indem z. B. die Säuger und Vögel in ganz andern Kästen wie die übrigen Tiere beobachtet wurden, [1]) so muss ich von einer eingehenden systematischen Vergleichung wol gänzlich absehen, und will im Folgenden nur einige interessantere Verhältnisse hervorheben. Da es vor allem interessiren dürfte zu erfahren, wie es sich mit der Stärke des Farbengeschmackes einerseits bei den Wirbeltieren und andererseits bei den Wirbellosen verhält, so hab' ich zunächst das betreffende Mittel der (bekanntlich am vollständigsten studierten) Rot-Blau-Reactionen berechnet. Dasselbe beträgt

$$\text{Rot-Blau m. uv.} \begin{cases} \text{Vertebrata} = 2{\cdot}49 \\ \text{Avertebrata} = 3{\cdot}77. \end{cases}$$

[1]) Es sei hiezu bemerkt, dass bei den früheren Vergleichungen dieser ganz unvermeidliche Übelstand weniger ins Gewicht fällt, weil sich ja die möglichen Fehler z. T. gegenseitig ausgleichen.

Darnach scheint die Rot-Blau-Reaction im allgemeinen bei den Wirbellosen etwas grösser zu sein als bei den Wirbeltieren, doch möchte ich diesem Ergebnis in Anbetracht der bekannten Umstände und der geringen Zal der von den letzteren geprüften Formen absolut kein Gewicht beilegen.

Nachstehend einige Daten über ganz auffallende Differenzen in der Stärke der Farbenreaction bei verschiedenen Tieren.

Farben, die im Spectrum nahe aneinanderliegen, wie z. B. Rot-Gelb und Gelb-Grün, bringen bekanntlich in der Regel nur eine geringe Wirkung hervor. Einige Tiere reagieren aber auch auf diese schwachen Contraste relativ stark. So z. B. gegenüber Rot-Gelb der Stieglitz, dann die Biene, ferner Culex und besonders auffallend der Hundefloh, den der in Rede stehende Farbenunterschied ebenso heftig afficiert wie der Maximalcontrast Rot-Blau m. uv. Eine grosse Empfindlichkeit für die Gelb-Grün-Differenz zeigen u. A. die Ameise (0·4) und vor Allem die Stechschnackenlarve (4·0 im Sinn der Grün-Vorliebe).

Was die Fälle von Gleichgiltigkeit gegenüber den in Rede stehenden Farbenunterschieden betrifft, so macht sich dieselbe am meisten bei Triton und Agrion geltend, insoferne diese Tiere sonst z. B. gegenüber Rot-Blau ganz ausserordentlich stark (und zwar auch gegen den Helligkeitsgeschmack!) reagieren. Dies Verhalten beweist somit, **dass die Reactionsstärke für geringere Wellendifferenzen keineswegs immer jener für höhere** (natürl. nur annähernd gemeint) **proportional ist, und dass überhaupt bei grosser Empfindlichkeit für eine bestimmte Farben-Differenz grosse Unempfindlichkeit für eine andere vorkommen kann.**

Beim Contrast Grün-Blau m. uv. findet man stärkere Wirkungen schon häufiger vor. So verrät das Schwein, der Triton, weiters die Libellula-Larve, dann Blatta, Tettigonia, Chrysomela und Lycosa eine starke Hinneigung zum Grün, während der Stieglitz, der Sperling, dann Agrion und der Heckenweissling (Falter und Puppe) — und zwar die letztgenannten zwei Insecten in höchst auffallender Weise — das Blau vorziehen. Bemerkt sei noch, dass der Triton auf Grün—Blau und ebenso auf Gelb-Blau auch dann sehr stark (3·4, 7·6) reagiert, wenn das Blau ultravioletlos, die Differenz der verglichenen Lichter also verhältnismässig noch kleiner ist.

Was dann weiters die Ultraviolet-Empfindlichkeit betrifft, so ist dieselbe besonders deutlich und zwar zunächst im Sinne der Sympathie für genanntes Licht beim Schwein (2·0), dann bei Notonecta (3·0), ferner bei Pieris (5·0!), Vanessa (2·4) und Noctua coer. (3·0).

Auffallend ultravioletscheu erweisen sich hingegen der Triton (0·16 !), dann Agrion (0·10 !), ferner die Ameise (0·10 !) und Dytiscus (0·18 !).

Die allergrössten Extreme findet man begreiflicherweise bei der Rot-Blau-Vergleichung.

Beispiele von ungewöhnlich starker Blau-Vorliebe bieten uns u. A. der Hund (12·0), der Stieglitz (5·0), Agrion, die Biene (5·0), Culex (12·0) und vor Allem der Heckenweissling (24·0 ! 9·0).

Grosse Rot-Vorliebe bekunden dagegen: Libellula-Larve, Blatta (0·2), Formica (0·2), Chrysomela (0·2), Dytiscus (0·1) und Nephelis (0·13). Von Tieren, welche auf Rot-Blau, sowie überhaupt auf Farbendifferenzen auffallend wenig achten, wären folgende zu nennen: Die Taube (0·8), der Frosch (0·6), Papilio xanthomelas, Coccinella, die Stubenfliege (1·7) und Aulacostomum (0·6).

Jene Formen, die auf Rot-Blau gar nicht reagieren, wurden schon oben genannt.

Was die Wal zwischen weissem und farbigem Licht betrifft, die nur bei einigen wenigen Tieren geprüft wurde, so verweise ich diesfalls auf die specielle Darstellung und will hier über das verhältnismässig noch am öftesten (8mal) untersuchte Verhalten gegenüber Weiss-Blau m. uv. berichten. Am interessantesten sind in dieser Hinsicht die Ergebnisse beim Sperling und bei der Raupe des Heckenweisslings.

Obwol nämlich diese Tiere helleliebend sind, und das angewendete Blau cca. 10 bis 30mal dunkler wie das Weiss war, so zogen dieselben doch ersteres dem letzteren vor.

Dies Resultat ist aber besonders deshalb sehr merkwürdig, weil speciell der Sperling ein grosser Ultraviolet-Freund ist und Weiss ja von diesem viel mehr als das angewendete blaue Licht enthält.

Wir müssen sonach schliessen, dass die genannten Tiere, denen sich noch Agrion anreiht, das Blau deshalb dem Weiss vorziehen, weil sie eben eine Vorliebe für das Blau als solches haben oder aber, weil dem Weiss viel von dem diesen Tieren verhassten langwelligen (roten und gelben) Licht beigemischt ist.

3. Ergebnisse in Bezug auf das Verhältnis zwischen Helligkeits- und Farbengefühl.

Allgemeine Beziehung zwischen Helligkeits- und Farbengefühl.

Während E. Krause, wie schon bei einer früheren Gelegenheit erwähnt wurde, die allgemeine Behauptung aufstellt, dass (l. c.)

5 (d. i. 1 : 0·2) entspricht, dass somit die genannte Quantitätsdifferenz die Tiere stärker als der bezeichnete Qualitätsunterschied afficiert.

Am interessantesten sind in dieser Beziehung selbstverständlich die Mittelwerte, die ich denn auch nach der üblichen Berechnung im Folgenden mitteile:

Weiss-Schwarz	Rot-Blau m. uv.	Rot-Grün	Grün-Blau m. uv.	Blau—Blau o. uv m. uv.
3·88	**4·09**	**1·65**	**2·84**	**2·29**

Darnach ist also die Weiss-Schwarz-Wirkung im allgemeinen etwas kleiner als die Rot-Blau-Wirkung, aber entschieden grösser als der Effect der übrigen kleineren Qualitätsdifferenzen.

Wie man sieht, steht dies Ergebnis ganz im Einklang mit der früher constatierten Tatsache, dass sich bei Rot-Blau die Vorliebe für eine dieser Farben bei ungünstiger Helligkeit länger als bei den übrigen Farbenvergleichen erhält, insoferne ja im allgemeinen selbst das Maximum der (bei unsern Beobachtungen) in Anwendung kommenden Helligkeitsgegensätze noch nicht die Stärke der Rot-Blau-Reaction besitzt, und sonach auch bei entgegengesetzter Richtung der beiden Componenten noch immer die der Qualität den Ausschlag gibt.[1])

Schwaches Farbengefühl bei starkem Helligkeitsgefühl.

Nach der bisher allgemein geltenden Ansicht hätte das Helligkeitsgefühl eine viel weitere Verbreitung wie das Farbengefühl, das ja speciell den niedersten Tieren vollkommen mangeln sollte. [2]) Meine

---

[1]) Der Einfachheit wegen stellte ich hier das Verhältnis so dar, als ob die Wirkung einer gewissen Helligkeitsdifferenz bei weissem und farbigem Licht dieselbe wäre, was aber bekanntlich in Wirklichkeit durchaus nicht immer der Fall ist.

[2]) So schreibt u. A. Grant (p. 28): „Bei solchen sehr rudimentären Augen ist die einzig mögliche (!) Wahrnehmung die vom Licht und seiner Negation, wobei das letztere wahrscheinlich (warum?) das wichtigste ist. Wir können uns vielleicht dunkel eine Vorstellung davon machen, wenn wir die Augen schliessen, und dann eine Hand zwischen diesen und dem Licht vorüber führen. Ein eben solches dunkles Bewusstsein von den in ihrer Umgebung stattfindenden Veränderungen ist höchstenfalls (!) die äusserste Grenze, die wir dem Sehvermögen jener Tiere zuschreiben dürfen."

Um die Haltlosigkeit dieser Anschauung zu illustrieren, erinnere ich nur daran, dass u. A. der Blutegel, der ja auch nur ganz rudimentäre Augen hat, nicht nur auf kleinere Helligkeitsdifferenzen, sondern auch auf Farben reagiert.

Beobachtungen an niederen Augentieren, besonders aber jene an augenlosen und geblendeten Formen sprechen nun zwar gegen eine solche Anschauung, sie zeigen aber andererseits auch, dass es wirklich, aber nicht nur in den niederen Abteilungen, einzelne Tiere gibt, die bei einem gut entwickelten Helligkeitsgefühl gegen Farbendifferenzen ganz oder fast ganz gleichgiltig sind.

Ein solches Verhalten fand ich bei den Wirbeltieren u. A. beim Kaninchen, beim Meerschweinchen, beim Papagei u. s. w., während sich aus der Abteilung der Wirbellosen besonders die untersuchten Weichtiere (vor allem Planorbis) als relativ sehr farbenindifferent erwiesen.

Starkes Farbengefühl bei schwachem Helligkeitsgefühl.

Wenn manche Tiere wirklich, wie wir gesehen haben, bei grosser Empfindlichkeit für Helligkeitsunterschiede nur schwach auf Farben reagieren, so darf man schon zum voraus erwarten, dass gelegentlich auch das Gegenteil vorkommt; denn wenn auch im allgemeinen das Gefühl für die Helligkeit dem für die Farben proportional ist, so haben wir es doch mit zwei verschiedenen z. T. wenigstens, wie es scheint, von einander ganz unabhängigen Functionen zu tun.

Und in der Tat stiess ich bei meinen Beobachtungen auf ein paar Tiere, welche das in Rede stehende Verhalten zeigen.

Dahin gehört einmal eine Baumwanze (Mormidea), die auf Weiss-Schwarz gar nicht, ganz entschieden aber auf Rot-Blau reagierte und dann die Libellula-Larve, die sich gegen die bezeichnete Helligkeitsdifferenz zwar nicht ganz aber doch ziemlich apathisch verhielt, während sie namentlich dem Blau m. uv. gegenüber eine sehr starke Vorliebe für Rot resp. für Grün an den Tag legte.

Causalzusammenhang zwischen der Rot-Blau- und der Weiss-Schwarz-Vorliebe.

Als eines der allerwichtigsten und interessantesten Ergebnisse meiner vergleichenden Lichtgefühl-Studien betrachte ich die Tatsache, **dass die leukophilen oder weissholden Tiere** mit geringen Ausnahmen alle **blauliebend**, die **leukophoben oder dunkelholden hingegen rotliebend sind.**

Dass dem aber wirklich so ist, beziehungsweise, dass wir es hier factisch mit einem gesetzmässigen Zusammenhang zwischen den bezeichneten Helligkeits- und Farbenreactionen und nicht etwa

mit einer blossen durch gewisse Zufälligkeiten bedingten Schein-Beziehung zu tun haben, das kann nach genommener Einsicht in die Detailversuche (vgl. die Tabelle) wol Niemand in Abrede stellen.

Von 35 geprüften Tieren aller Abteilungen, die überhaupt sowol auf qualitative als auf quantitative Lichtdifferenzen reagieren, fallen nämlich alle bis auf 3 (resp. 2 Formen) unter die genannte Regel.

Das nähere Verhältnis ist folgendes. Von den erwähnten 35 Species sind 13 dunkel- (resp. schwarz-) und 22 hell- (resp. weiss-) liebend.

Von den 13 hellescheuen Tieren zeigen nun 12 die stärkste Vorliebe für das Rot und von den 22 helleholden 20 für das Blau m. uv., und ist noch zu bemerken, dass von den letzteren auch noch eine weitere Species das Blau dem Rot vorzieht, wenn ersteres auch nicht seine absolute Lieblingsfarbe zu sein scheint.

Die einzigen zwei Ausnahmen, die aber z. T. noch einer genaueren Prüfung bedürfen, sind der Gimpel und dann die grüne Zirpe (Tettigonia). [1])

Ersterer ist nämlich entschieden (2·7) dunkelliebend, scheint dabei aber doch das Blau (ein wenig: 1·4!) dem Rot vorzuziehen. Tettigonia hingegen ist ausgesprochen helle- und trotzdem ebenso entschieden rot- resp. grünliebend.

Es entsteht nun die Frage, worin dieser wahrhaft frappierende Zusammenhang zwischen Helle- und Blauliebe einerseits und zwischen Helle- und Blau-Scheu andererseits ihren Grund haben mag.

Würde sich das Gesetz, was indess durchaus nicht immer der Fall ist, nur auf weisses und nicht auch auf farbiges, rotes, blaues etc. Hell-Dunkel beziehen, so läge zunächst die Annahme nahe, dass die Rot-Tiere das Hell-Weiss deshalb scheuen, weil es ja viel von dem ihnen verhassten kurzwelligen Blau und Ultraviolet enthält, während dasselbe den Blau-Tieren aus dem gleichen Grunde angenehmer als das an allen Stralen und daher auch an blauen arme Dunkel-Weiss sein wird.

Gegen diese Erklärung kann aber andererseits wieder eingewendet werden, dass das Hell-Weiss für die Rot-Tiere ja auch viel Lustfarbe resp. für die Blau-Tiere viel (rote) Unlustfarbe enthält.

Freilich könnte dieser Einwand wieder durch die Annahme entkräftet werden, dass den Rot-Tieren, da sie ja ohnehin dunkel-

[1]) Nach meinen bisherigen Versuchen scheint auch die helleliebende Eidechse weniger blau- als rothold zu sein.

liebend sind, lieber ein Minus der Lust- als ein Plus der Unlustfarbe ist; da aber auch dieser Hypothese gewisse Schwierigkeiten im Wege stehen, so glaub' ich, wird es besser sein, weitere speciell auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen [1]) abzuwarten, als durch eine definitive Erklärung ein Schein-Licht zu verbreiten, wo doch noch tiefes Dunkel herrscht.

4. Über den Gefühlston der tierischen Lichtempfindungen.

Während u. A. Bonnier und Wallace die seltsame Meinung vertreten, dass die Tiere und speciell die Insecten zwar Farben zu unterscheiden vermögen, dass sie sich denselben gegenüber aber vollkommen gleichgiltig verhalten, [2]) lassen meine Beobachtungen wol absolut keinen Zweifel zu, dass Farben-, sowie Lichtreize von gewisser Beschaffenheit überhaupt in der Regel wenigstens auch gewisse Gefühls-Erregungen hervorrufen.

Wenn sich nämlich zeigt, dass ein Tier, sagen wir die Nesselraupe bei der Wal zwischen einem blau- und rotbelichteten Aufent-

---

[1]) Bei den betreffenden Experimenten müsste u. A. auch darauf Bedacht genommen werden, dass ultravioletloses Weiss im Vergleich zu Schwarz (vgl. Cobitis) z. T. anders als volles Weiss wirkt.

[2]) Die einschlägige Äusserung von Wallace (Tropical Nature p. 243) lautet folgendermassen. „Die höheren Wirbeltiere und auch einige (!) Insecten, sagt er, sind sicher im Stande, das, was wir Farbe nennen, zu unterscheiden. Dies beweist aber keineswegs, dass ihre Farbenwahrnehmung mit der unserigen übereinstimmt. Die Fähigkeit der Insecten Rot und Blau zu unterscheiden, kann sehr wol ja nicht einmal ganz unwahrscheinlicherweise auf ganz andern Sinneseindrücken als bei uns beruhen, und braucht auch weder den Genuss noch die bestimmten Vorstellungen im Gefolge zu haben, welche durch den Anblick der reinen Farbe in uns erweckt werden. Säugetiere und Vögel, deren Bau und Lebensäusserungen unsern eigenen so ähnlich sind, empfinden augenscheinlich ähnliche Eindrücke von Farben; es fehlt uns aber jeder Anhalt zu der Behauptung, dass sie an der Farbe selbst irgend ein Wolgefallen empfänden (that they experience pleasurable emotions from colour itself), es sei denn, dass die Aussicht auf Befriedigung ihrer Bedürfnisse oder ihrer Triebe für sie damit in Verbindung stände."

Zur Zeit, als Wallace dies niederschrieb, war es auch insoferne richtig, als man, bevor ich meine Experimente begann, betreffs des Farbengeschmackes der Säuger und Vögel in der Tat gar keine directen Anhaltspunkte hatte, und hatte sonach H. Müller nicht ganz Recht, wenn er sich in einem Artikel des Kosmos (5. Bd. 1879 S. 308—319) dahin äussert, „dass nach Wallace das Farbenvergnügen ein ausschliessliches Gnadengeschenk des Menschen wäre."

wie etwa durch blendende Beleuchtung, durch hohe Wärme, durch markerschütternde Geräusche, sehr penetrante Gerüche u. s. w. und überhaupt, was für unsere Frage die Hauptsache, durch Agentien hervorgebracht, die durchaus nur von heftigen häufig geradezu schmerzhaften Unlustgefühlen begleitet sind.

Unter besagten Umständen ist es nun wol, wollen wir den Tieren nicht Lustgefühle zuschreiben, deren Höhe weit über das bei uns herrschende Durchschnitts-Maximum hinausgeht, im höchsten Grade wahrscheinlich, dass den gewissen Lichtreactionen vorwiegend sehr starke Unlustzustände zu Grunde liegen und dies ist wol auch der Eindruck, den ein nicht voreingenommener Beobachter zuerst empfängt, wenn er sieht, wie etwa die Küchenschaben in der Nacht, wenn man ihre Schlupfwinkel plötzlich erleuchtet, wild durcheinander stieben und sich in dunkle Verstecke flüchten.

Einige wenn auch nur flüchtige Versuche, die ich in der letzten Zeit anstellte, scheinen mir aber auch den Schluss zu erlauben, dass, in einzelnen Fällen wenigstens, die durch gewisse Lichtreize verursachten Unlustgefühle entschieden stärker als die allerintensivsten Lustempfindungen der betreffenden Tiere sind.

Um mich so kurz als möglich zu fassen, so handelt es sich hier um die Tatsache, dass die vorhin erwähnten lichtscheuen Heerdbewohner (Blatta germanica) unter Umständen, und zwar selbst im ausgehungerten Zustande, lieber im Dunkeln bleiben, als dass sie sich über die in die helle Abteilung gegebene Erfrischung (Bier mit kleinen Brodkrumen) hermachten.

Die Bedeutung dieses Falles ist auf der Hand liegend. Da nämlich doch sicherlich nicht anzunehmen ist, dass den Küchenschaben das Dunkel als solches, zumal wenn sie hungerig sind, mehr Lust gewähre als die Befriedigung ihres Nahrungsbedürfnisses, die ja bei den Tieren nebst einer bekannten andern Action als das höchste Vergnügen angesehen wird, so kommen wir notgedrungen zum Schluss, dass ihre Scheu vor dem Licht grösser als ihr Verlangen nach der Nahrung ist. [1])

Spricht aber auch Alles dafür, dass bei den Licht-Reactionen der Tiere vor allem die Unlustgefühle eine grosse Rolle spielen, so werden wir deshalb doch nicht annehmen, dass gewisse Lichtreize nicht

---

[1]) Ich habe wol nicht nötig zu bemerken, dass dies Überwiegen der Licht-Unlust über die Nahrungs-Lust, wenn die Tiere allzulange gefastet haben, ein Ende erreicht, und ferner, dass sich hier ein grosses neues Feld für höchst interessante psychophysische Versuche auftut. Sehr zu empfehlen dürften einschlägige Experimente mit farbenempfindlichen Raupen sein.

auch entschiedene d. i. keineswegs blos auf dem Gegensatz zum Unlustlicht beruhende Lustaffectionen hervorbringen, und dass nicht auch diesen bei den in Rede stehenden Vorgängen eine gewisse Bedeutung zukommen könne.

Abgesehen davon nämlich, dass es doch absolut unlogisch wäre, den Tieren nur Unlust- und keine Lustgefühle zuzuschreiben — wer möchte wol eine so barbarische Anschauung verteidigen? — wird nach den früher entwickelten Principien das Vorhandensein der letzteren eben auch durch die enorme Stärke der einschlägigen Reactionen wahrscheinlich gemacht, insoferne ja die Bewegungen vom einen Licht zum andern relativ energischer ausfallen, wenn wir es mit wirklichen Gefühlsgegensätzen und nicht blos mit dem einen oder dem andern Gefühlston zu tun haben.

Es gibt aber auch Erscheinungen, die für das gelegentliche Vorkommen von positiv angenehmen Lichtgefühlen einen mehr directen Beweis liefern.

Ich denke hiebei nicht an das Rot, welches die Stiere und Truthühner erregt — denn die Natur der betreffenden Gefühle scheint mir noch nicht ganz klargestellt — auch nicht an die noch später zu besprechenden Ansichten vieler Forscher über das Vergnügen, welches die Tiere an schönen Blumen, Früchten, Farbenkleidern u. s. w. haben sollen, sondern ich habe hier zunächst die von mir selbst constatierte Tatsache vor Augen, dass manche helleliebende Flugtiere, wie z. B. die Libellen, das Blau dem Weiss vorziehen.

Da nämlich genannte Wesen fort und fort im weissen Lichte leben, so dürfen wir wol annehmen, dass sie dasselbe ungefär ebenso gleichgiltig als uns selbst lässt, jedenfalls aber, dass es ihnen an und für sich durchaus nicht unangenehm ist. Wenn nun trotzdem diesem ganz indifferenten Licht Blau resp. ein mehr bläuliches Weiss vorgezogen wird, so kann dies nur deshalb geschehen, weil letzteres bei den genannten Tieren ein entschiedenes Lustgefühl erweckt.

V. Abschnitt.

Über den Farbengeschmack der Tiere im freien Naturleben.

Die bisher dargelegten Ergebnisse meiner Untersuchungen über den Helligkeits- und Farbengeschmack der Tiere beziehen sich bekanntlich alle ohne Ausnahme auf die sog. totale oder einfärbige Belichtung d. i. auf jenen künstlich herbeigeführten Zustand, bei welchem das Versuchsobject, resp. das Auge desselben in der Regel, und zwar von allen Seiten her, nur von einerlei Licht getroffen wird.

Es ergibt sich nun die Frage, wie sich die Tiere wol dann verhalten, wenn, wie das ja gewöhnlich der Fall ist, Licht von verschiedener Beschaffenheit gleichzeitig ihr Auge trifft, oder mit andern Worten, wenn das Gesichtsfeld derselben aus mehreren verschiedenfarbigen oder verschiedenhellen Teilen zusammengesetzt ist.

Wie bekannt, existieren aber in dieser Richtung bisher noch gar keine entsprechenden Vorarbeiten und wenn ich nun trotzdem eine kurze Erörterung dieses Gegenstandes vornehme, so geschieht es nur, um auf einige allgemeinere Gesichtspunkte aufmerksam zu machen und die Zulässigkeit gewisser Anschauungen, die hierüber laut geworden sind, einer näheren Prüfung zu unterziehen.

1. Allgemeine Gesichtspunkte.

Vor allem glaube ich hervorheben zu sollen, dass meine Beobachtungen bei totaler Belichtung in Bezug auf den Farbensinn im allgemeinen (vom Helligkeitssinn sehe ich der Kürze wegen hier ganz ab) mindestens den Schluss erlauben, dass die betreffenden Tiere auch unter den in Rede stehenden gewöhnlichen Umständen gewisse Farben zu unterscheiden im Stande sind.

Wenn nämlich, so stelle ich mir vor, ein Tier bei totaler Belichtung auf Farben reagiert, sie also selbstverständlich auch als differente Erschei-

nungen percipiert, dann wird es dieselben auch in dem Fall unterscheiden können, wenn sie nur auf einem kleinen Teil des Gesammtgesichtskreises erscheinen; denn die Unterscheidungsfähigkeit für Farben ist ja, wenigstens bei uns, und solange der Gesichtswinkel, unter welchem die Farbenbilder erscheinen, ein entsprechender ist, von der Grösse der verglichenen Farbenflächen unabhängig, und wir unterscheiden z. B. das Grün eines Blattes vor unserm Fenster ebenso gut vom Blau des Himmels als etwa das Grün eines grossen Baumes, das die Hälfte des ganzen Lichtbildes einnimmt.

Ganz anders verhält es sich aber offenbar mit dem Gefühl, das die Farben kleinerer Gegenstände — denn solche haben wir ja hier vorzugsweise im Auge — zu erregen vermögen, insoferne dasselbe, wie wir von uns selbst wissen, gar sehr von der relativen Grösse der uns gleichzeitig sichtbaren Farbenflächen abhängt.

Man beachte, dass wir vor allem kleinere Farbenflächen, zumal, wenn sie, wie etwa die der diversen Blumen eines Feldes, mosaikartig untereinander abwechseln, vielfach gar nicht bemerken und es dürfte wol Niemand daran zweifeln, dass es bei den Tieren im allgemeinen auch so ist.

Wenn aber unter Umständen kleinere Farbenflächen nicht einmal die Aufmerksamkeit auf sich lenken, so ist klar, dass in solchen Fällen und dieselben sind sicher ausserordentlich häufig, um so weniger von irgend einer Gefühlserregung die Rede sein kann.

Damit soll aber selbstverständlich nicht im entferntesten gesagt sein, dass die Tiere auf gewisse bei mehrfarbiger Belichtung von kleineren Lichtflächen ausgehende Reize gar nicht reagieren. Dass sie solches unter Umständen tun, lässt sich aus mehrfachen naheliegenden Gründen schon a priori erwarten und haben wir hiefür auch einige — freilich nicht viele — directe Beweise.

Ich erinnere diesfalls zunächst an die oft erwähnte Erregung der Stiere und Truthühner durch rote Lappen und dann an gewisse Vögel, welche, wie z. B. die Elster, glänzende Gegenstände verbergen oder, wie das u. A. von der Lerche und vom Kampfläufer behauptet wird, von solchen überhaupt stark afficiert werden. [1])

---

[1]) So wird (vgl. u. A. Grant) erzält, dass Lerchen durch das reflectierte Licht eines Spiegels angezogen wurden, während nach Lilford ein Kampfläufer „trotz wiederholt abgegebener Schüsse“ auf ein „hellfarbiges Taschentuch“ herabstürzte. — Wenn dagegen Grant u. A. auch berichtet, dass ein zahmes Rebhuhn jeden „neuen Rock und jede neue Mütze“ aufmerksam betrachtete. so kann ich dem kein grosses Gewicht beilegen, ebensowenig wie dem bekannten Gebahren der Lauben- und anderer Vögel, die allerlei buntes

Ganz ausserordentliche Schwierigkeiten bietet nun aber die Beantwortung der ersten Hauptfrage, um die es sich da handelt, ob und inwieweit nämlich Tiere unter den angegebenen Umständen irgend eine Farbe (bez. eine Lichterscheinung) einer andern vorziehen, und zwar in dem Sinne, dass ihnen die eine Farbe wirklich angenehmer resp. weniger unangenehm als die andere ist.

In dieser Hinsicht wird Mancher von vorneherein geneigt sein, gerade in den oben erwähnten Fällen Beweise dafür zu erblicken, dass die Tiere wirklich auch unter den in Rede stehenden Verhältnissen zwischen ungleichen Farben eine Auswal treffen.

Dies wäre aber unstreitig eine sehr vorschnelle Schlussfolgerung. Man halte sich nämlich gegenwärtig, dass eine durch eine gewisse Farbe (oder Lichterscheinung) bedingte Erregung nicht immer von einem ausgesprochenen Lust- oder Unlustgefühl begleitet ist, sondern dass es sich hiebei häufig nur um eine in Bezug auf den Gefühlston indifferente oder auch schwankende Steigerung der Intensität des Empfindens handelt, die mit gewissen Reactionserscheinungen von mehr reflectorischem Charakter verbunden ist.

Deshalb wird aber selbstverständlich Niemand läugnen wollen, dass unter den obwaltenden Verhältnissen nicht auch häufig eine wirkliche Farbenwal stattfinde, sondern es soll mit dem eben und dem früher Gesagten blos angedeutet werden, dass eine solche Betätigung des reinen Farbengeschmackes im freien Naturleben relativ seltener als bei unseren Experimenten vorkommt und dass sich dieselbe im allgemeinen auch viel weniger energisch gestaltet.

Ausdrücklich hervorheben möchte ich aber noch, dass ein wirkliches auf Lust- und Unlustgefühl beruhendes Farbenwälen bei den Tieren jedesfalls ungleich häufiger als bei uns stattfindet. Dies schliesse ich nämlich einmal aus der grössern Entschiedenheit, mit der die Tiere bei zweifarbiger Belichtung zu reagieren pflegen und dann aus dem Umstande, dass ja das Leben der Tiere im allgemeinen — und gilt dies insbesondere von den niederen Classen — ein viel eingeschränkteres und monotoneres

---

Zeug zusammentragen. In allen diesen Fällen wissen wir ja nicht bestimmt, ob es wirklich die Farbe oder der Glanz der Gegenstände an sich ist, welche die Erregung der Tiere verursachen. Was endlich jene Tiere, wie gewisse Insecten, Amphibien etc. betrifft, die vom Schein einer Lampe oder der Glut eines Feuers angezogen werden, so handelt es sich hiebei ja um den Einfluss totaler einfarbiger Belichtung, der noch ein genaueres experimentelles Studium erfordert.

als das unsrige ist und dass bei ihnen im Zusammenhang damit speciell die Licht- und Farbenreize minder schwankende, ich meine durch associierte Vorstellungen beeinflusste Empfindungen hervorrufen.

Die zweite Fundamentalfrage, welche hier gestellt werden muss, und von deren Beantwortung die richtige Auffassung mannichfacher und interessanter Wechselbeziehungen zwischen den Tieren und den andern Naturgegenständen (insbesondere den pflanzlichen, wie Blumen, Früchten etc.) abhängt, ist dann die, ob der specifische Farbengeschmack eines Tieres der Hauptsache nach und unter sonst entsprechenden Umständen immer derselbe ist, ob also z. B. eine Biene, die im Versuchskasten bekanntlich das Blau dem Rot vorzieht, dies auch im allgemeinen gegenüber analog gefärbten Naturobjecten tut, vorausgesetzt, natürlich, dass dieselben überhaupt nicht nur ihre Aufmerksamkeit, sondern auch (und zwar durch die Farben als solche) ihr Gefühl erregen.

Nun, ich glaube, dass wir diese Frage nach der Constanz des Farbengeschmackes, zunächst wenigstens soweit als die die Walfarben begleitenden übrigen Eigenschaften der betreffenden Naturobjecte die gleichen sind, ohne weiteres bejahen dürfen.

Denken wir uns nämlich, um beim früheren und auch für die späteren kritischen Erörterungen bedeutsamen Beispiel zu bleiben, eine Biene, die sich einer roten und einer blauen Blume von sonst ganz gleicher Beschaffenheit gegenüber befindet, und setzen wir voraus, dass sich dieselbe unter den gegebenen Umständen in ihrer Wal auch wirklich durch die Qualität des von den Blumen reflectierten farbigen Lichtes bestimmen lasse, so unterliegt es wol keinem Zweifel, dass sie der blauen Blume vor der roten den Vorzug gibt, denn ich weiss mir wenigstens (wenn wir auch entsprechende Sättigungsgrade annehmen) absolut keinen Grund anzugeben, warum etwa ihr Farbengeschmack bei den Blumen ein ganz anderer als im Kasten sein soll, d. h. warum ihr hier das Blau und dort das Rot angenehmer sein soll, namentlich, wenn, wie selbstverständlich, noch stillschweigend vorausgesetzt wird, dass nicht speciell mit dem Rot der Blume (ich sage nicht mit dem Rot überhaupt) andere angenehme Vorstellungen verknüpft sind, die das sonst vorgezogene Blau nicht erweckt.

Anders kann es sich aber mit der Richtung des Farbengeschmackes verhalten und verhält sich z. T. wol auch wirklich so, wenn die die Walfarben begleitenden übrigen Reize resp. Umstände nicht gleich sind. Dabei sehe ich aber zunächst von einer Verschiedenheit der betreffenden Naturgegenstände in Bezug auf andere Reizsphären (Geruch, Geschmack, stralende Wärme, Geräusche und

Töne u. s. f.) ganz ab, und fasse nur gewisse Differenzen betreffs der Grösse und der Anordnung der Farbenflächen ins Auge.

Was vorerst den Einfluss der Grösse der verglichenen Farbenflächen auf den Geschmack der Tiere betrifft, so kann, glaube ich, wol kaum geläugnet werden, dass sich ein solcher unter Umständen wirklich geltend machen kann.

Erwägen wir nämlich, dass z. B. ein kleiner roter Fleck auf einer grossen grünen Wand auf uns unter Umständen entschieden ganz anders wirkt als ein grüner Fleck auf einer roten Wand — so dürfen wir wol in keinem Fall annehmen, dass farbenempfindliche Tiere gegen solche Unters[illegible] [illegible]ltig sind, dass al[illegible] meinetwegen einem Vog[illegible]chiede ganz gleich[illegible] grünen Baum genau [illegible]el das Rot eines **einzelnen Blattes auf einem** ganzen (sagen w[illegible]ebenso gefällt oder missfällt **wie das Rot** eines grünen Blatte[illegible]r herbstlich entfärbten) Baumes mit einem einzelnen Ei[illegible]

förm[illegible] andere Frage ist freilich die, ob derartige Differenzen einen [illegible]chen Umschlag des Farbengeschmackes herbeiführen können. In Ermanglung irgend welcher einschlägiger Experimente lässt sich hierüber wol kaum mehr sagen, als dass die Möglichkeit einer solchen Geschmacksveränderung in Folge der Grössendifferenz der Farbenflächen nicht absolut auszuschliessen ist.

Weit wichtiger als der eben behandelte den Farbengeschmack beeinflussende Factor ist aber — namentlich mit Rücksicht auf die praktischen Interessen der Tiere — ein anderes Moment, nämlich die Verschiedenheit der Farbe und der Helligkeit des Hintergrundes oder der Folie, auf welche in der Natur die Bilder der einzelnen farbigen Gegenstände projiciert erscheinen.

Ganz abgesehen davon nämlich, dass bekanntlich selbst an und für sich sehr auffällig gefärbte Gegenstände, wenn sie auf einer ungünstigen Unterlage sich befinden, uns sowol wie den Tieren ganz unsichtbar bleiben, unterliegt es wol kaum einem Zweifel, dass auch die Geschmacksrichtung gegenüber zwei sichtbar bleibenden Farben bei einem gewissen Wechsel der Folie sich ändern kann. Oder, darf man wol fragen, wird jedem blumenbesuchenden Insect, das im Kasten sagen wir Blau dem Rot vorzieht, das Blau auf der grünen Folie einer Wiese ebenso angenehm sein, als etwa auf dem weissen Hintergrund eines Kalkfelsens, oder wird z. B. ein blauer Fleck auf dem grünen Schuppenkleid einer Eidechse einen Vogel,

der auf sie Jagd macht, ebenso anlocken, als wenn derselbe auf einem rotgefärbten Grunde sich befindet?

Dass dies nicht allgemein der Fall ist, beweisen uns ja schon die eigenen Experimente nach der sog. Mehrfarben-Methode, insoferne hier die Vorliebe für eine und dieselbe Farbe je nach der Beschaffenheit der Nachbarfarben z. T. eine sehr ungleiche ist.

Andererseits muss ich hier aber auch daran erinnern, dass es für viele Tiere bei zweifärbiger Belichtung eine sog. absolute Lust- und Unlustfarbe zu geben scheint, und von diesen dürfen wir wol mit grosser Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dass ihr Farbengeschmack, solange die Helligkeitsverhältnisse entsprechende sind, von der Farbe der Folie ziemlich unabhängig ist.

2. Kritische Besprechung einiger wichtigerer Anschauungen über den Farbengeschmack der Tiere gegenüber gewissen Naturgegenständen.

H. Müller's Ansichten über den Farbengeschmack der Bienen gegenüber den Blumen.

Wenn von diesem Forscher und zwar völlig im Geiste der Spengel-Darwin'schen Blumentheorie zunächst die Annahme gemacht wurde, [1]) dass die durch ihren Reichtum unsere Augen fesselnde Differencierung der Farben der Blumen (sowie auch der Formen derselben etc.) „durch das Unterscheidungsvermögen und Unterscheidungsbedürfnis" gewisser kreuzungsvermittelnder Insecten und speciell der Bienen zur Ausprägung gelangt ist (l. c. pag. 501), so dürfte, gewisse Einschränkungen vorausgesetzt, dagegen wol Nichts einzuwenden sein, denn es ist ja klar, dass in der Tat die Unterscheidung der verschiedenen Blumen für die sie besuchenden Gäste durch die Mannigfaltigkeit ihrer Farben erleichtert wird und dass günstige Abänderungen in dieser Richtung durch die natürliche Auslese im Kampf ums Dasein erhalten und befestigt werden können.

Ganz anders verhält es sich dagegen mit den Anschauungen Müllers betreffs der Vorliebe, welche manche Insecten und speciell

[1]) Vgl. u. A. das bewundernswerte Werk des uns leider zu früh entrissenen Verfassers: „Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insecten und ihre Anpassungen an dieselben", Leipzig 1881, ferner zalreiche einschlägige Artikel im Kosmos von Krause.

wieder die Bienen für gewisse Farben der Blumen als solche besitzen sollen. —

Ehe ich auf diese Anschauungen näher eingehe, muss ich übrigens noch ausdrücklich hervorheben, dass H. Müller bei seinen auf ausgedehnten und durchaus eigenen Erfahrungen beruhenden Schlussfolgerungen viel vorsichtiger wie manche andere Forscher zu Werke gieng. Während nämlich u. A. Lubbock, in der irrthümlichen Meinung befangen, dass die zuerst von ihm wahrscheinlich gemachte Blau-Vorliebe der Bienen unter allen Umständen zur Geltung kommen müsse, den, wie mir scheint, vergeblichen Nachweis zu liefern trachtet, dass blaue Blumen relativ häufiger von Bienen besucht werden, als sich dies aus den bisherigen Frequenzlisten, speciell von H. Müller ergibt, [1]) dehnte letzterer den Kreis der angeblichen Lieblingsfarben der Bienen viel weiter, nämlich auf Rot, Violet und Blau aus, und liess ausserdem noch an mehreren Stellen die Möglichkeit durchblicken, dass der angenommene Mehrbesuch der rot-, violet- und blaufarbigen Blumen gegenüber den weissen und gelben nicht durch die Farbe als solche, sondern durch andere Eigenschaften derselben, z. B. durch die Menge und Beschaffenheit des Nectars und Pollens bedingt sei.

Speciell die letzterwähnten Bemerkungen Müllers scheinen darauf hinzudeuten, dass er seiner Annahme bezüglich einer ausgesprochenen Vorliebe der Bienen für bestimmte Blumenfarben kein allzugrosses Gewicht beilegte und könnten wir also füglich die ganze Frage vorläufig in suspenso lassen.

Wenn ich nun aber trotzdem in eine kurze Erörterung derselben eingehe, so geschieht es einerseits deswegen, weil sich Müller an anderen Stellen wieder in bestimmterer Weise für eine Farben-Vorliebe aussprach, [2]) ganz besonders aber aus dem Grunde, weil, wie ich sofort zeigen werde, die von Müller seinerzeit als Stützen für seine Annahme vorgeführten Tatsachen überhaupt nicht das beweisen, was sie seiner Meinung nach beweisen sollten.

Die Sache verhält sich in Kürze folgendermassen.

---

[1]) L. c. pag. 114 und 115.

[2]) So heisst es u. A. pag. 501. „Wenn wir . . . die von uns betrachteten Bienenblumen der Alpen überblicken, so stellt sich in der Tat ein so bedeutendes Übergewicht der roten, violetten und blauen oder mit einer dieser Farben gezeichneten über die gelben und weissen heraus, dass wir an einer Bevorzugung der ersteren Farben seitens der langrüsseligen Bienen kaum zweifeln können.“ Vgl. übrigens noch die früher citirten neueren Beobachtungen „Über die Farbenliebhaberei der Honigbiene.“

Die gesammte deutsche Flora enthält nach Müller resp. Koch 482 unzweifelhafte Bienenblumen-Arten. Da nun von diesen 330 Species rot, blau oder violet gefärbt, resp. gezeichnet sind, während man von weissen, weissgelben und gelben Arten nur 152 kennt, so schloss Müller, dass die erstgenannten Farben den letzterwähnten vorgezogen werden. Nun, ich glaube, man muss schon, ehe man sich noch in eine nähere Zergliederung des ganzen Verhältnisses einlässt, sagen, dass dies ein höchst gewagter, um nicht zu sagen ein völlig willkürlicher Schluss ist.

Nehmen wir zunächst an, es wäre wirklich, was aber bekanntlich Müller selbst nicht zugibt, bei der Blumenauswal die Färbung allein massgebend, und es würde sich ferner, was ja auch nicht erwiesen ist, in der relativen Zal der einzelnen Farbenmuster der Grad der Vorliebe der Besucher für dieselben aussprechen, so würden obige Zalen gleichwol nicht das dartun, was sie nach Müller dartun sollen, und zwar deshalb nicht, weil er die Zal der Gruppen der angeblich minder gefallenden Farben im Verhältnis zu jener der angeblich vorgezogenen Farbenkategorien zu gross, resp. letztere zu klein nahm. Man beachte nämlich, dass Müller ausser Weiss und Gelb noch ein Weissgelb unterschied, während er bei der anderen Reihe Rot—Blau—Violet auf den Sättigungsgrad der Farben keine Rücksicht nahm, also nicht auch ein minder gesättigtes oder Weisslich-Rot, Blau etc. aufführte.

Lassen wir aber, was behufs einer unparteiischen Vergleichung auf alle Fälle geschehen muss, das Weiss-Gelb als besondere Kategorie fort, so beträgt das Mittel für die übrig bleibenden fünf Hauptfarben 96 (d. i. 482 : 5), und die beiden Mittel von Weiss und Gelb zusammen (192) sind nur um einen sehr geringen Betrag grösser als sie die Beobachtung (152) ausweist. Mit anderen Worten: die Artenzal der weissen und gelben Bienenblumen ist relativ nicht auffallend kleiner als jene der roten, blauen und violetfarbigen. [1])

---

[1]) Man wird, glaube ich, ohne weiteres verstehen, dass ich hier von der Annahme ausgehe, dass auf jede der Hauptfbarben (Grün ausgenommen) solange kein Farbeninteresse vorhanden ist, ungefähr die gleiche Artenzal entfällt. Mit Rücksicht auf die geringe Breite des spectralen Gelb im Vergleich zu Rot und Grün-Blau-Violet, sowie mit Rücksicht auf die grosse Zal differenter Zeichnungen bei den letztgenannten Farben müsste meines Erachtens die Zal der angeblich vorgezogenen Farbenkategorien (zum Nachteil der Annahme ihrer Präferenz) noch vermehrt werden.

Hier will ich noch bemerken, dass nach Gust. Jaeger (l. c. pag. 491) die weissen Blüten (wolgemerkt nicht gerade Bienenblumen) weitaus den

Aber angenommen einmal, es wären wirklich die letztgenannten Arten die vorherrschenden und es würden sich ferner die Bienen vorwiegend durch die Farbe leiten lassen, so würde das doch noch lange nicht die Vorliebe derselben für Rot, Blau und Violet contra Weiss und Gelb beweisen.

Zunächst wird man diesfalls nämlich die Möglichkeit einräumen, dass das angenommene Prävalieren von roten oder blauen Bienenblumen gegenüber den weissen oder gelben in der Natur der betreffenden Pflanzen selbst ihren Grund haben kann, in dem Sinn nämlich, dass öfter rote oder blaue als gelbe Blumenfarben erzeugt werden.

Die Hauptschwäche der Müller'schen Ansicht betreffs der Farben-Liebhaberei der Insecten liegt aber darin, dass er dieselbe nach der Zal der eine bestimmte Farbe tragenden Blumenarten und nicht nach der Zal der bei einer Blume von gewissem Colorit gemachten Einzelbesuche abschätzt.

Es kann ja immerhin mehr rote Bienen-Blumenarten als weisse geben, die Bienen können aber trotzdem die weissen öfter als die roten besuchen — und dies tun sie im allgemeinen auch in der Tat in jenen Fällen, in welchen die (von Müller ganz unberücksichtigt gelassene) Zal der Individuen einer weissen Art grösser als die einer roten ist.

Damit glaube ich über unsere Frage genug gesagt zu haben. [1]) Das Ergebnis ist, dass uns die bisher bekannt gewordenen Tatsachen betreffs des Blumenbesuches der Bienen und der Insecten überhaupt hinsichtlich einer etwaigen Vorliebe derselben für bestimmte Farben der

---

zalreichsten Insectenbesuch haben sollen, woraus er schliesst, aber offenbar ganz mit Unrecht, „dass der Farbensinn bei den meisten Insecten, insbesondere bei den Fliegen sehr wenig entwickelt ist, und dass weniger die Farbe als die Helligkeit der Blüten es ist, die auf sie wirkt.“

Über die Ordnung des Blumenbesuches vgl. man noch die erst kürzlich publicierte experimentelle Studie von Mr. R. M. Christy „On the Methodic Habits of Insects, when visiting Flowers“ (Linn. Soc. of London 1st. March, 1883).

[1]) Nur darauf möchte ich noch aufmerksam machen, dass es a priori im höchsten Grade unwahrscheinlich ist, dass Rot neben Blau Lieblings- und Weiss dagegen Unlustfarbe sei, da sich doch bei meinen Experimenten einerseits Rot und Gelb und andererseits Blau und Weiss als grösste Gegensätze gegenüberstehen.

Auch beachte man, dass das angebliche Vorziehen gewisser Blumenfarben oft lediglich nur auf einem besseren Sichtbarsein beruhen kann.

Blumen ganz und gar im Dunkeln lassen, und dass wir überhaupt darüber, ob den Insecten gewisse Blumen der Farbe wegen angenehmer als andere sind, vorläufig absolut gar nichts Bestimmtes aussagen können.[1])

Was dann den Farbengeschmack gegenüber den Blumen bei andern Tierclassen betrifft, so kenne ich diesfalls nur eine nähere Mitteilung, nämlich von Gust. Jaeger in seinem vor längerer Zeit erschienenen Aufsatz „Einiges über Farben und Farbensinn.“ [2])

Es wird hier Folgendes berichtet:

„In Nr. 399 der Zeitschrift „Nature“ teilte ein gewisser Mr. Renshaw mit, dass die Sperlinge in einem Garten Rabatten des intensiv gelben Crocus gänzlich zerstört hätten, während sie den violetten weissen und gestreiften Crocus nicht anrührten, und vier andere Herren brachten dann ähnliche Nachrichten. Obwol dann später ein anderer Beobachter, M. W. B. Tegetmeier, constatieren konnte, (Gust. Jaeger sagt, ich glaube nicht ganz mit Recht, „beobachtet haben will“), dass auch der blaue und weisse Crocus nicht verschont blieb, so glaubte sich Gust. Jaeger doch zur Äusserung berechtigt, dass „die Antipathie der Spatzen gegen den gelben Crocus eine allgemeine ist.“

Nun, ich muss gestehen, dass ich mich mit dieser Schlussfolgerung noch weniger als mit den einschlägigen Ansichten Müllers einverstanden erklären kann. Fürs erste kann überhaupt von keinem „allgemeinen“ Verhalten der Sperlinge gegenüber den diversen Farben des Crocus die Rede sein, da ja wenigstens eine Ausnahme schon constatiert ist.

Ganz willkürlich ist es aber meiner Ansicht nach, das Verhalten der Sperlinge gegen den gelben Crocus als „Antipathie“ aufzufassen, oder, frage ich, sucht man denn in der Regel das am häufigsten auf, was einem am unangenehmsten ist? Diese Frage scheint sich auch

---

[1]) Darf ich mir bei dieser Gelegenheit im Interesse einer rationellen Prüfung dieser Frage einen Vorschlag zu tun erlauben, so ist es der, zu den Versuchen geeignet postierte Imitationen von Blumen zu verwenden. Selbstverständlich müssten hiebei vor allem auch die Helligkeits- und Sättigungsverhältnisse berücksichtigt werden, von denen ich bei den obigen Auseinandersetzungen ganz abgesehen habe.

[2]) Kosmos von E. Krause, I. Bd. pag. 486—495. — Mit Rücksicht auf den vielfach geradezu anekdotenhaften Charakter gewisser auf den Farbengeschmack der Tiere bezüglichen Darstellungen sollte man eigentlich von einer Besprechung derselben ganz Umgang nehmen, wenn man nicht befürchten müsste, dass doch mancher Leser durch solche triviale Argumente irre geleitet werden kann.

Mr. James Shaw gestellt zu haben, indem er meint, die Sperlinge seien zunächst durch das leuchtende Gelb des Crocus angezogen worden, sie hätten diesen aber dann aus Ärger, weil sie darin nicht das fanden, was sie zu finden vermeinten, nach „Schulbubenart" mutwillig zerstört.

Offen gestanden, kann ich aber auch diese Auslegung nicht acceptieren, denn ich sehe nicht ein, warum das Zerpflücken der Crocusblumen gerade ein Ausdruck getäuschter Hoffnung und nicht etwa der eines intensiven Verlangens und Suchens sein soll.

Wenn ich aber den vorstehenden Beweis für das Vorhandensein einer bestimmten Blumenfarbensympathie der Vögel auf das entschiedenste bekämpfen muss, so soll damit selbstredend nicht im entferntesten behauptet werden, dass die Vögel insgesammt und namentlich die von Blumennahrung lebenden (Kolibris u. A.) gegen gewisse Farben der Blüten überhaupt vollkommen gleichgiltig seien; es soll damit nur ausgedrückt werden, dass wir uns vorläufig über die Richtung des Blumenfarbengeschmackes dieser, sowie der Tiere überhaupt kein definitives Urteil erlauben dürfen.

Gust. Jaeger's Ansichten über den Farbengeschmack der Tiere gegenüber den Früchten.

Wenn sich, wie wir früher gehört haben, H. Müller der Ansicht hingab, dass die Farben der sog. Bienenblumen sozusagen dem Farbengeschmacke der betreffenden Insecten angepasst wurden, so ist einer solchen Anschauung doch wenigstens nicht schon von vorneherein jede Berechtigung abzusprechen.

Ganz anders verhält es sich aber mit der Theorie, welche Gust. Jaeger in dem schon erwähnten Aufsatz bezüglich des Farbengeschmackes der Tiere und speciell der Vögel gegenüber gewissen Früchten, wie insbesondere den beerenartigen entwickelt hat. Indem er nämlich den Satz aufstellt, dass bei den Früchten ganz allgemein Gelb und Rotgelb „Trutz- oder Ekelfarbe", Rot, Blau, Violet und Purpur dagegen Appetit- oder Lockfarbe sei, spricht er damit zugleich implicite die Meinung aus, dass der Farbengeschmack bei allen frucht- oder beerenfressenden Tieren derselbe sei, eine Meinung, die ich schon von allem Anfang teils aus apriorischen Gründen, teils mit Rücksicht auf die Ergebnisse meiner Experimente, auf das entschiedenste zurückweisen muss.

Nach meinen Begriffen wenigstens ist es geradezu unglaublich, dass so verschiedenartige Tiere, wie es unter den Fruchtfressern

gibt, und die nachweislich z. T. wenigstens bei Anwendung totaler zweifarbiger Belichtung einen ganz entgegengesetzten Farbengeschmack bekunden, angesichts der Farben der Früchte alle genau denselben Gusto an den Tag legen. Und sollte es ferner wirklich wahrscheinlich sein, dass Tiere, denen, wie z. B. manchen Vögeln, im Versuchskasten Gelb und Rot ganz gleichgiltig ist, wenn sie diese Farben an Früchten sehen, einen entschiedenen Gegensatz von Lust und Unlust empfinden?

Jaegers Theorie der Früchte- und Beerenfarben muss aber nicht nur ihres allzu generellen Charakters wegen schon von vorne herein unser Misstrauen erwecken, es ist auch die Deutung der Tatsachen, auf welche er dieselbe stützt, eine völlig unwissenschaftliche und willkürliche.

Um seiner Theorie einen gewissen Stützpunkt zu geben, hätte Jaeger doch wenigstens den Nachweis liefern müssen, dass wirklich von allen auf einem grössern Gebiet vorkommenden Beeren und Fruchtarten (analog wie dies Müller hinsichtlich der Blumen gemacht hat) die gelben die relativ am wenigsten zalreichen, resp. die am wenigsten gesuchten sind.

Statt dessen wird aber nur auf einige Fälle z. B. auf die total gemiedenen Früchte der Citrusarten, auf die Judenkirsche, die Beeren der Nachtschatten und der Zaunrübe hingewiesen, und betreffs der zahlreichen Ausnahmen einfach gesagt, dass alle „biologischen Regeln“ solche haben.

Ähnlich verfährt dann Jaeger auch bezüglich der Kategorie der angeblich am meisten gesuchten (roten, blauen etc.) Beeren, indem wieder nur einzelne Fälle ausgewält oder aber ganz unstatthafte und wirklich naiv klingende Verallgemeinerungen zum Besten gegeben werden, wie z. B. der Satz: „es ist nun sicher kein Zufall, dass fast alle Beeren, welche wünschen (!) von Vögeln gefressen zu werden, entweder rot sind, oder kurz vor der Reife rot und dann erst schwarz werden.“

Aber selbst angenommen, was durchaus nicht erwiesen ist, dass es relativ mehr rote oder blaue als gelbe Früchte gäbe, oder dass erstere stärker wie letztere besucht würden (worüber wir absolut gar nichts Näheres wissen), so dürfte daraus doch noch lange nicht gefolgert werden, dass Gelb als solches Ekel, Rot, Blau etc. aber Appetitfarbe sei; denn genau so wie beim Blumen- gibt ja doch wol auch beim Früchtebesuch nicht die Farbe, sondern der Duft und der Geschmack den Ausschlag, und die Annahme, dass einem Vogel im allgemeinen eine rote Beere lieber als eine gelbe sei, wäre gerade

so lächerlich, als die Behauptung, dass wir uns bei einer reich besetzten Tafel mehr um die Farbe der Schüsseln als um deren Inhalt kümmerten. [1])

Gust. Jaeger's Ansichten über den Farbengeschmack gegenüber gewissen Färbungen der Tiere.

Dass gewisse Farben an der Haut der Tiere vielfach eine biologische Bedeutung haben, insoferne sie ihre Träger teils weniger teils mehr sichtbar machen, und dass ferner manche der betreffenden Farben-Muster bei gewissen Tieren mehr Gefallen als andere erregen, dass es also, häufig wenigstens, zumal beim gegenseitigen Verkehr der Geschlechter, zu einer Betätigung des Farbengeschmackes kommt, das wurde bekanntlich auch schon in der Vor-Darwin'schen Zeit fast allgemein zugestanden, und ich glaube, dass sich gegen diese Anschauung auch Nichts einwenden lässt, trotzdem eigentliche Experimente in der angedeuteten Richtung noch gar nie, oder wenigstens nicht in entsprechender Weise angestellt wurden. [2])

---

[1]) Eigentümlich ist es, wie G. Jaeger u. A. aus dem Umstande, dass die rote Johannisbeere ungleich häufiger als die im reifen Zustand „gelbe" Stachelbeere von Vögeln gefressen wird, Capital für seine „Theorie" schlagen will, indem er u. A. sagt: „Die gelbe Farbe der Früchte zeigt hier geradeso Stacheln (!) an, wie das Gelb bei den Wespen."

Ganz abgesehen davon, dass die reife Stachelbeere häufig auch rot und nicht gelb ist, und dass speciell gelbe Beeren (zumal im noch nicht ganz reifen, grüngelben Zustand) vom Grün der Pflanze sich weniger als rote oder blaue Beeren abheben, kann der Grund des Wenigergefressenwerdens der Stachelbeere ja auch in der Beschaffenheit des Fruchtfleisches liegen.

Dasselbe gilt bezüglich einer Mitteilung von Gilbert White betreffs der weissen und roten Johannisbeere; denn wenn auch die angeblich weniger gesuchte weisse Varietät süsser wie die andere ist; wer sagt uns denn, dass die Vögel gerade das specifische Süss der weissen Varietät, wenn es in roter Hülle dargeboten würde, dem specifischen Sauer der roten Varietät vorziehen würde?

[2]) So könnte man, um nur ein einziges Beispiel zu geben, den Versuch machen, ob grüne Raupen auf grünem Laube von irgend einem insectenfressenden Vogel wirklich seltener ergriffen werden, als dieselben Raupen, nachdem man sie mit roten und gelben Tupfen, Flecken oder Streifen versehen hat.

Ebenso liesse sich ja leicht der rote Kamm der Hühner mit einer anderen Farbe bemalen und könnte man dann sehen, ob eine solche Änderung der „erotischen Schminke" einen Einflus auf den Farbengeschmack besitzt; auf diesem Gebiete der experimentellen Farbengeschmacksprüfung ist in der Tat noch gar Nichts geschehen.

Nicht energisch genug kann ich mich aber gegen die in dem schon citirten Aufsatz enthaltene einschlägige Darstellung von Gust. Jaeger verwahren, der uns, unter der Verheissung „neue biologische Regeln“ aufzustellen, beweisen will, dass gewisse Farben nicht nur bei den Blumen und Früchten, sondern auch am Kleide der Tiere im allgemeinen überall dieselbe Wirkung hervorbringen, indem auch am letzteren Gelb Trutz- oder Ekel-, Rot-, Blau und Purpur dagegen Lock- und Putzfarbe sein soll.

Sehen wir einmal ganz davon ab, dass, wie schon früher gezeigt wurde, Jaegers „Theorie“ mit den Ergebnissen meiner experimentellen Studien in einem unausgleichbaren Widerspruche steht, und fragen wir uns nur, ob denn die Vorkommnisse des freien Naturlebens derselben irgend eine Berechtigung verleihen.

Zunächst muss ich diesfalls constatieren, dass mir auch nicht eine einzige Tatsache bekannt ist, welche beweist, dass ein gelbes Hautkleid als solches, ich will gar nicht sagen den meisten Tieren, sondern nur irgend einem Ekel einflösst. Jaeger beruft sich diesfalls u. A. auf die Feuerkröte, welche dem Gegner die „stechend rotgelbe und blaubunte Unterseite“ zukehrt. Aber, frage ich zunächst, wenn Gelb Schreck- und Blau Lockfarbe ist, warum ist dann der Feuerkrötenbauch auch mit der letzteren Farbe gezeichnet? Aber, abgesehen davon, wer sagt denn Jaeger, dass uns das Gelb der Feuerkröte als solches Schrecken einjagt, und wie seltsam klingt eine solche Behauptung angesichts der Tatsache, dass wir, Gross und Klein, von dem so häufigen Gelb, Goldgelb und Orange der Schmetterlingsflügel entzückt werden. [1])

Wenn uns das Gelb an der Kröte oder am Triton unter Umständen unangenehm berührt, so geschieht es eben, weil es sich an Tieren befindet, die uns aus anderen Gründen und z. T. bekanntlich in Folge eines anerzogenen Vorurteils widerlich erscheinen, und bringt ja vielfach das herrliche Smaragdgrün oder Saphirblau einer Eidechse genau die nämliche Wirkung hervor!

Jaeger's Ansicht über die biologische Bedeutung des Gelb als Tierfarbe ist aber nicht einmal unter der Einschränkung richtig, dass dasselbe nicht an und für sich ekelerregend ist, sondern nur andere widerliche oder gefährliche Eigenschaften (z. B. scharfe oder giftige Secrete) signalisiert, mit einem Worte also nur Warnungsfarbe ist.

---

[1]) Sehr bezeichnend sucht J. das Gelb der Citronenfalter (p. 488) dadurch zu discreditieren, dass er die Frage aufwirft, ob sie wol so ungestraft herumflanieren könnten, wenn sie ihre Farbe nicht den Vögeln widerwärtig mach

Wenn nämlich Jaeger diesfalls u. A. auf den Landsalamander „der in dem Besitz von stechendem Gelb — wieder mit Schwar gepaart — selbst die Hornisse übertrumpft“, ferner auf den Wasser Salamander und auf einige gelbgefärbte und gefürchtete Fische hin weist, so können diesen Beispielen mindestens eben so viele vo nicht gelb, sondern rot und blau gefärbten Giftschlangen entgegen gehalten werden. [1])

Oder sollten etwa nur die von Jaeger erwähnten Fälle di „Regel“ begründen, alle anderen widersprechenden Vorkommnisse abe nur „Ausnahmen“ sein?

3. Über die Ursachen oder die Bedeutung des specifischen Farbengeschmackes der Tiere.

Ein Hauptergebnis meiner Experimente ist bekanntlich da dass die Tiere nicht, wie u. A. Grant und Jaeger annehmen, all einen ganz oder fast ganz übereinstimmenden Farbengeschmack besitzer sondern dass im Gegenteil ihre Farbenliebhaberei z. T. eine grund verschiedene ist, insoferne z. B. die einen rotes oder langwelliges andere blaues oder kurzwelliges und wieder andere grünes ode mittellangwelliges Licht am liebsten haben.

Selbstverständlich sind wir aber mit der blossen Kenntnis diese Tatsachen nicht zufriedengestellt, sondern wir wollen auch ein Erklärung derselben, d. h. wir wollen den Grund oder die Gründe kennen, weshalb denn die Tiere auf Farben so ungleich reagieren warum die einen dem Rot, andere dem Blau oder Grün den Vorzug geben, und diese Frage will ich nun im Folgenden kurz zu erörtern suchen. [2])

---

[1]) Was für schöne Dinge Gust. Jaeger den Lesern des Kosmos auftischt mag u. A. folgende Stelle (p. 489) lehren.

„Sollte, fragt er, der gelbe Fleck am Nacken der Ringelnatter Trutz täuschung sein — die meisten (?) Menschen halten sie für giftig — ode zeigt er den abscheulichen Knoblauchgestank ihres Kothes an, mit welcher sie den sie packenden Feind regelmässig besudelt“?

Bei dieser Gelegenheit mag noch bemerkt sein, dass den Tieren, wi u. A. die Dunginsecten beweisen, wol nicht allgemein gewisse Excrement (resp. deren Farbe) so widerlich wie uns erscheinen, und dass es also fü sie keine sog. Schmutzfarbe gibt.

[2]) Die allfällige Meinung, dass etwa die rotliebenden Tiere überhaupt nu rotes, die blauliebenden nur blaues Licht u. s. w. sehen können, übergeh ich hier ganz, weil sie, wie die Experimente lehren, im allgemeine durchaus unzulässig ist.

Am leichtesten kämen wir offenbar über alle Schwierigkeiten hinweg, wenn wir die Annahme machten, dass der specifische Charakter des Farbengeschmackes lediglich nur in der Organisation der Tiere seinen Grund habe, wobei wir uns allenfalls noch vorstellen könnten, dass die gemiedene Farbe so schmerzhafte Gefühle hervorbringe, dass die Tiere sich notgedrungen in die vis-à-vis-Farbe flüchten müssen.

Wie man sofort erkennt, haben wir es aber hier nicht mit einer wirklichen Erklärung, sondern nur mit der Umgehung einer solchen zu tun; denn zugegeben auch, dass z. B. das Auge und überhaupt das Sensorium des rotliebenden Triton so eingerichtet ist, dass ihm Rot immer eine relativ angenehme, Blau dagegen eine relativ unangenehme Empfindung verursacht, so wird doch voraussichtlich diese besondere Organisierung, vermöge welcher eben die eine Farbe Lust- und die andere Unlustgefühle verursacht, selbst wieder ihren Grund oder ihre besondere Bedeutung haben, da wir doch nicht annehmen können, dass so fundamentale Verschiedenheiten in der Function einer so wichtigen Sinneseinrichtung nur das Werk des Zufalls seien.

Forschen wir nun in diesem Sinne nach den Ursachen des specifischen Farbengeschmackes, so werden wir dieselben naturgemäss in irgend welchen Beziehungen desselben zum Leben des betreffenden Tieres zu suchen haben, und die schwierige Frage ist nur die, um welche Beziehungen es sich hier von Fall zu Fall handelt. Ich sage von Fall zu Fall, weil es ja immerhin möglich, wenn auch im allgemeinen nicht wahrscheinlich ist, dass für verschiedene Tiere auch die in Rede stehenden Relationen verschieden sind.

Mit Rücksicht darauf, dass unter den verschiedenen Lebenstätigkeiten, oder wenn man will, Lebensaufgaben der Tiere der Nahrungserwerb eine der allerwichtigsten ist und, wie wol Niemand bezweifelt, die Farbe der diversen Nahrungsmittel das Aufsuchen derselben, wo nicht allein ermöglicht, so doch sehr wesentlich unterstützen kann, könnte man zunächst, wie dies z. T. ja schon geschehen ist, hierin eine Beziehung zum specifischen Farbengeschmacke suchen in der Weise nämlich, dass man annähme, dass bei allen oder doch bei gewissen Tieren die allgemeine Lieblingsfarbe mit der Farbe der Lieblingsnahrung übereinstimme, beziehungsweise derselben angepasst sei.

Ziehen wir nun aber die einschlägigen Tatsachen in Betracht, so müssen wir diesen ersten Erklärungsversuch sofort als einen verfehlten bezeichnen. Einige Beobachtungen scheinen freilich für die gemachte Eventualannahme zu sprechen, insoferne z. B. die rotliebenden Fische auch rote Köder, rote Insecten u. s. w. lieben, während

die kyanophile Biene möglicherweise blaue Blumen bevorzugt, ab diesen Fällen kann ja gegenüber der grossen Zal der ungünstig kein Wert beigelegt werden. Ich will diesfalls nur auf Einiges au merksam machen. Um zunächst auf die behauptete Vorliebe d Fische für rote Köder zurückzukommen, so wissen wir erstens nich ob denn wirklich die betreffenden Species auch rotliebend sind, be ob die von uns untersuchten rotliebenden Arten auch rote Köd lieben, und darf man dann zweitens nicht vergessen, dass di gewöhnliche Nahrung der Fische, welche ja bekanntlic wieder aus Fischen besteht, in der Regel nicht rot, sondern ande gefärbt ist.

Ebenso wenig wie die rotliebenden Fische nähren sich ander erythrophile Tiere, wie z. B. der Triton oder die Küchenschabe vo rotgefärbten Gegenständen, und Analoges gilt dann auch im allg meinen von den blauliebenden Tieren. So wird z. B. Nieman behaupten, dass u. A. der Hund, der Stieglitz, die Libelle und di Nesselfalter-Raupe, welche alle hochgradig kyanophil sind, vorwiegen blaufarbige Nahrung zu sich nehmen, ja von den meisten der genannte und von anderen kyanophilen Tieren ist es bekannt, dass sie übe haupt keine blaue Nahrung geniessen.

Eine Beziehung zwischen der allgemeinen Lieblingsfarbe un der Farbe der Nahrung könnte am ehesten noch bei gewissen vo Pflanzen lebenden Insecten, wie z. B. bei den Grashüpfern, b gewissen Zirpen, bei Chrysomela u. a. angenommen werden, insofern diese Tiere entweder überhaupt Grün am liebsten haben, oder das selbe wenigstens dem Blau vorziehen. Ganz abgesehen davon aber, das es bei diesen herbivoren Tieren ja nicht immer gerade die grüne Teile der Pflanze sind, von welchen sie leben, kommt hier noch ei anderer Umstand in Betracht, den ich später erwähnen werde.

Man könnte nun weiter daran denken, den Farbengeschmac mit der Farbe der betreffenden Tiere in Beziehung zu bringen, un zwar mit der Farbe derselben schlechtweg oder mit gewissen Be sonderheiten des Colorites, die bei der sexuellen Auswal eine Roll zu spielen scheinen; denn es ist doch höchst wahrscheinlich, das manche dieser sogenannten Schmuckfärbungen, wie z. B. das Ro oder Blau der Hühnerkämme wirklich beim interessierten Teil, s gut wie gewisse andere Reize, z. B. Gerüche und Töne, Gefalle erzeugen, wenn auch sicherlich nicht alle diese „Lockmittel" de Zweck und den Ursprung haben, welchen man ihnen häufig beilegt

Bei näherer Vergleichung erweist sich aber auch diese Hypo these, wenigstens in Bezug auf das allgemeine Verhalten, al

völlig haltlos, und will ich beispielshalber nur darauf hinweisen, dass die von mir geprüften blauliebenden Vögel und Insecten wie der Sperling, der Stieglitz, der Heckenweissling, die Biene u. s. w. gar nichts Blaues an sich haben, ebensowenig wie etwa die rotliebenden Fische, dann die erythrophile Chrysomela oder Blatta sich rot kleiden.

Die Erörterung jener Beziehung zwischen dem Farbengeschmack und den objectiven Farbenreizen der Natur, welche mir schon von vorne herein weitaus als die wichtigste erscheint, nämlich der Beziehung zur Farbe des Aufenthaltsmediums oder des gewöhnlichen Gesichtsfeldes, habe ich absichtlich auf zuletzt gelassen.

Zunächst eine nähere Erklärung, warum mir schon a priori gerade diese Beziehung als die bedeutungsvollste erscheint.

Wenn der Farbengeschmack der Tiere überhaupt, woran kaum zu zweifeln ist, einer gewissen Farbe der umgebenden Natur angepasst ist, so darf man wol erwarten, dass es sich hiebei um eine solche Farbe handelt, welche den betreffenden Tieren am allerhäufigsten vor die Augen kommt, und welche zugleich in Bezug auf die Ausdehnung über das Gesichtsfeld die am meisten vorwiegende ist.

Dies trifft nun aber bekanntlich für keine Farbe in dem Grade zu, wie für die Grund- oder Hauptfarbe des Gesichtsfeldes selbst, d. i. des Mediums, in dem die Tiere leben, oder dem ihr Blick gewöhnlich zugewendet ist. So wird beispielsweise das Auge eines in den Lüften nach Beute jagenden Falken unstreitig öfter und stärker durch das Blau (oder wenn man will Weiss-Blau) seines Mediums (d. i. der gewöhnlichen Himmelsfarbe) als durch irgend welche andere Farben, wie sie die Beutetiere oder die Gegenstände des Erdbodens darbieten, in Anspruch genommen.

Man könnte gegen diese Auffassung freilich einwenden, dass, um bei unserm Beispiel zu bleiben, der fliegende Falke für das Blau des Firmamentes sich gar nicht oder doch viel weniger interessiere als für andere Farben, wie etwa für die der Vögel, welche er verfolgt. Dem gegenüber muss ich aber ganz besonders betonen, dass es für den Falken, wenn er, was vorausgesetzt wird, überhaupt eine ausgesprochene Farben-Sympathie oder Antipathie hat, auch nicht gleichgiltig sein kann, welche Farbe, oder, um ganz objectiv zu sprechen, welche Qualität von Licht in seinem Medium die vorherrschende ist. Wäre z. B. unser Falke im Versuchskasten entschieden blauscheu, so würde er es doch wol auch gegenüber dem Blau der Luftschichte sein, und — man unterschätze die Bedeutung dieses Umstandes nicht! —

es würde ihm dadurch der Aufenthalt in seinem Medium entschiede
wo nicht ganz verleidet, so doch trotz seines Jagdvergnügens relat
sehr unangenehm werden.

Sollte dagegen etwa der Einwurf erhoben werden, dass wir selb
uns wol auch allenfalls einen roten oder gelben Himmel gefall
liessen, so möchte ich, ganz abgesehen davon, dass unserm Au
factisch für die Dauer keine Himmelsfarbe so angenehm als eben d
blaue ist, [1]) noch zu bedenken geben, einmal, dass wir ja überhau
nicht so farbenscheu wie die gewissen Tiere sind, um die es si
da allein handelt, und dann zweitens, dass unser Blick auch nic
— was höchst wichtig ist und z. T. vielleicht unsere geringe Farbe
reaction erklärt — in dem Grade auf ein bestimmt gefärbtes Gesicht
feld beschränkt ist, wie dies bei vielen, namentlich niederen Tiere
der Fall ist, die, wie z. B. die Fische oder die im tiefen Gra
lebenden Insecten fast immer nur eine und dieselbe Farbe v
Augen haben. —

Fragen wir uns nun, ob denn die Lieblingsfarbe der geprüfte
Tiere auch in der Tat mit der Farbe ihrer gewöhnlichen Umgebu
im allgemeinen eine gewisse Übereinstimmung zeigt, so scheint mi
dass dies bis zu einem bestimmten Grade wirklich der Fall ist.

Weitaus am deutlichsten spricht sich dies meines Erachte
zunächst darin aus, dass die meisten blau- (resp. weiss
liebenden Tiere zu den fliegenden, also zu jenen Wese
gehören, welche in der Regel ein blaues oder ei
weisses Gesichtsfeld vor sich haben.

Ich erinnere diesfalls vor allem an die Vögel, welche mit Au
nahme des (noch näher zu untersuchenden) Raben, alle blauliebend [2]
sind, und dann an die Insecten, von denen, und zwar fast ohne Au
nahme, alle häufig in der freien Luft sich herumtreibenden Forme
wie z. B. die Libellen, die Bienen, die Fliegen und die Tagschmette
linge entschieden Blau und Weiss allen anderen Farben- oder Farbe
mischungen den Vorzug geben.

---

[1]) Ich urteile hier nach der eigenen Erfahrung, die ich in einem längere Ze
mit farbigen Fensterscheiben versehenen Zimmer gemacht habe, und füg
noch bei, dass, wie übrigens längst bekannt, in Bezug auf unseren Farbe
geschmack der Sättigungsgrad von grossem Einfluss ist. Mir speciell i
nächst dem Weisslich-Blau ein Weisslich-Gelb am angenehmsten. Letztere
enthielt übrigens auch etwas Grün und Blau.

[2]) Die meisten Blau-Tiere ziehen bekanntlich das gewöhnliche weisse, res
weisslichblaue Tageslicht dem reinen Blau vor.

Von Tieren mit anderem Farbengeschmack können mit Rücksicht auf die Zal der untersuchten Fälle nur noch die grün- und die rotliebenden in Betracht kommen.

Was die ersteren, also die grünliebenden Formen betrifft, so leben dieselben gleichfalls fast ohne Ausnahme in einer Umgebung, welche vorherrschend grün ist. So halten sich z. B. die grünliebenden Schnarrheuschrecken sowie die Zirpen (Tettigonia), wie allgemein bekannt, am liebsten im hohen Grase auf, das dem Licht, das zu ihnen gelangt, einen mehr oder weniger grünen Ton verleiht und die so auffallend grünliebende Culexlarve findet sich am häufigsten in solchen Tümpeln, die teils durch die Ufergewächse, teils durch Wasserlinsen und andere Wasserpflanzen, ebenfalls einen grünen Schein erhalten.

Sehr wenig scheint aber die in Rede stehende Anschauung von einer gewissen Harmonie zwischen dem Farbengeschmack und der Grundfarbe des Aufenthaltsmediums auf die rotliebenden Tiere zu passen, indem dieselben teils wie z. B. die Salamander, die Frösche, die Fische, die Libellenlarven, die Schwimmkäfer und die Blutegel im Wasser leben, teils, wie z. B. die Küchenschabe, die Werre, die Ameise u. A. überhaupt an dunkeln Orten sich aufhalten, die ebensowenig wie die Standplätze im Wasser eine rote Farbe haben.

Ohne aber die Schwierigkeit läugnen zu wollen, welche aus diesem Verhalten für die angenommene Beziehung entspringt, möchte ich andererseits doch betonen, dass dasselbe nicht absolut gegen dieselbe spricht. Man vergesse nämlich nicht, dass es sich, so scheint es wenigstens, bei der Vorliebe für das Rot oft weniger um die Lust an diesem selbst als vielmehr um das Vermeiden des den betreffenden Tieren höchst unangenehmen Blau und Ultraviolet handelt und dass diese Stralen in der Tat an den Aufenthaltsorten der rotliebenden Tiere und namentlich in dem mit Pflanzen bewachsenen Wasser, wo die Tritonen, Frösche u. s. w. leben, relativ stark absorbiert werden. Auch ist noch in Betracht zu ziehen erstens, dass der Unterschied zwischen Rot- und Grün-Vorliebe bei den in Rede stehenden Tieren oft nur unbedeutend ist und zweitens, dass speciell das Pflanzengrün, welches manchen Gewässern eine grünliche Farbe verleiht, ausser Grün bekanntlich auch noch ziemlich viel Rot durchlässt.

Mag es sich aber hier wie immer verhalten, Eins dürfte doch kaum bezweifelt werden, dass nämlich die bisher noch nie beachtete Relation zwischen dem Farben-Geschmack und der Grund-Farbe des Aufenthaltsmediums eine allgemeinere ist als jene, welche sich auf die Farbe der Nahrung oder auf das sexuelle Hautcolorit bezieht.

VI. Abschnitt.

Über den Lichtsinn der Tiere im allgemeinen.

Nachdem wir uns bisher ausschliesslich nur mit den Lust- un Unlustgefühlen, beziehungsweise mit den reactiven Wirkungen befas haben, welche die durch das Auge vermittelten Lichtreize bei de verschiedenen Tieren hervorbringen, wollen wir nun zum Schluss no in Kürze die betreffenden Empfindungen oder Wahrnehmungen a solche, d. i. ohne Rücksicht auf den sie begleitenden Gefühlston i Auge fassen.

Ehe ich aber auf mein eigentliches Thema eingehe, muss ic mich früher noch gegen eine in einem unlängst erschienenen Aufsatze enthaltene Äusserung von H. Magnus wenden.

An einer Stelle (p. 434) spricht sich derselbe speciell über di Perception des farbigen Lichtes folgendermassen aus:

„Aus der Teilnahme, sagt er, welche Tiere gewissen Farbe effecten schenken, können wir nichts weiter schliessen, als wa Brücke und Wallace geschlossen haben: dass die Tiere zwa wol eine Farbenempfindung haben mögen, dass aber üb die Beschaffenheit derselben aus den Beobachtungen ihres reactive Verhaltens nichts zu folgern ist."

Indem ich mir die Besprechung der letzteren im ganzen u zweifelhaft richtigen Behauptung betreffs der Qualität der Farbe wahrnehmungen oder Vorstellungen für später vorbehalte, ist es m hier zunächst nur um den ersten (durch gesperrte Lettern hervo gehobenen) Satz zu tun. Der Ausdruck, „dass Tiere wol eine Farbe empfindung haben mögen", constatiert nämlich offenbar nur d Möglichkeit, nicht aber die Tatsache eines wirklichen Vorkomme von Farbenempfindungen bei den tierischen Wesen, oder mit andere Worten, H. Magnus äussert sich so, als wüsste man noch gar nic bestimmt, ob die Tiere eigentliche Farbenwahrnehmungen haben, od ob sie keine haben.

---

[1]) „Ein Blick in die Sinnenwelt der Tiere" (naturw. Zeitschrift Humboldt 188 12. Heft).

Dagegen möchte ich nun neuerdings betonen, dass auf Grund meiner Beobachtungen wol nicht länger mehr ein Zweifel sein kann, dass gewisse Tiere wenigstens wirklich das besitzen, was wir Farben-Wahrnehmung oder -Vorstellung nennen. Wenn nämlich, um auch die Begründung zu wiederholen, einem Tier und zwar bei wechselnden Intensitäten eine Farbe angenehmer als eine andere ist, so müssen diesen ungleichen Gefühlen doch auch verschiedene Empfindungen zu Grunde liegen, und da ferner der specifische Charakter der ersteren bis zu einem gewissen Grade wenigstens von der Intensität unabhängig ist, muss es wol auch der Charakter der letzteren sein, d. h. es muss die Wellenlänge des Lichtes als solche einen bestimmten oder specifischen Eindruck hervorbringen, den wir eben als Farbe bezeichnen.

Wenn ich hier ausdrücklich Qualitäts- und Quantitätsempfindung auseinanderhalte, so geschieht dies, wie ich noch beifügen muss, deshalb, weil bekanntlich gerade Magnus in seinem Werk: „Die geschichtliche Entwicklung des Farbensinnes (Leipzig 1877)“ die, wie leicht einzusehen, absolut unhaltbare Meinung aussprach, dass es in der Entwicklungsgeschichte des Menschen eine Periode gegeben habe, in welcher die Netzhaut an dem sie treffenden Lichtstrahl nur dessen Quantität, aber noch nicht dessen Qualität zu unterscheiden vermochte.

Indem ich nun zu meinem eigentlichen Gegenstand übergehe, sei nur noch vorausgeschickt, dass ich mich hiebei lediglich auf den Farbensinn beschränken werde; über die vielfach analogen Verhältnisse, welche in Bezug auf den Helligkeitssinn Geltung haben, wird sich der Leser ja ohnehin leicht selbst zu orientieren im Stande sein.

1. Verbreitung des Farbensinnes.

Was ich hier in kurzem sagen will, ist das, dass der Farbensinn, d. i. das Vermögen der Wahrnehmung und Unterscheidung der Farben jedenfalls eine viel weitere Verbreitung unter den Tieren besitzt als der ausgesprochene, d. i. der in reactiven Bewegungen sich äussernde Geschmack für die Farben.

Was die Begründung dieses Satzes betrifft, so ist eine solche eigentlich ganz überflüssig und wenn ich hierüber gleichwol noch Einiges beifüge, so geschieht dies nur mit Rücksicht auf die, wie wir schon gesehen haben, selbst unter Zoophysiologen von Fach verbreitete Meinung, dass die Verbreitungsgrenzen von Farbensinn und Farbengeschmack genau zusammenfallen.

Dass Farbengleichgiltigkeit oder Chromoamblyopie nicht ohne Weiteres auch auf Farbenblindheit schliessen lässt, können wir, wenn wir von uns selbst ganz absehen, am besten bei den höheren Tieren sehen.

Bekanntlich zeigt das Schwein sehr energische Farbenreactionen, während u. A. der Hund, gelegentlich wenigstens, sich vollkommen indifferent verhält. Wer, frage ich, möchte nun wol annehmen, dass das letztgenannte Tier wirklich ganz farbenblind sei?

Einen analogen Fall haben wir dann bei den Vögeln, von welchen z. B. der Sperling, der Stieglitz und der Gimpel ein auffallendes Farbeninteresse verraten, während ich bisher u. A. beim Perlhuhn und beim Papagei keine Reactionen nachzuweisen vermochte. Trotzdem wird, wie ich glaube, Niemand behaupten wollen, dass der Papagei gar keinen Farbensinn besitze oder auch nur, dass derselbe geringer als beim Gimpel entwickelt sei, sondern die scheinbare Farbenunempfindlichkeit der erwähnten Tiere spricht nur dafür, dass mit der Zunahme der Intelligenz und der Erweiterung des Kreises der Erfahrungen, welche sich die höheren und insbesondere die domesticierten Tiere verschaffen, die Empfindlichkeit gegen die gewöhnlichen Sinnesreize beträchtlich herabgestimmt wird.

Wenn man aber zugeben muss, dass jene höheren Tiere, ich meine Vögel und Säuger, welche nicht auf Farben reagieren, doch z. T. wenigstens das Vermögen der Farbenwahrnehmung besitzen, dann muss man dies wol auch betreffs der übrigen Tiere einräumen.

Es könnte freilich eingewendet werden, dass bei den anderen Tieren im allgemeinen Empfindungs- und Reactionsschwelle viel näher zusammenfallen als bei den höheren; man darf aber wol nicht annehmen, dass sie sich je vollkommen decken, d. h. dass jede Empfindung eine Reaction hervorriefe, oder umgekehrt, dass es ohne Reaction auch keine Empfindung gäbe.

Wenn ich aber die Meinung vertrete, dass auch niedere Tiere, welche, wie z. B. die von Mereschkowski untersuchten Krebse gar nicht auf Farben reagieren, dennoch das Vermögen der Farbenperception haben können, und z. T. sicher auch wirklich haben, so soll damit etwa nicht gesagt sein, dass überhaupt jedes Augentier qualitative Lichtdifferenzen zu unterscheiden vermag. Andererseits möchte ich aber auch nicht die Möglichkeit bestreiten, dass Farben- und Helligkeitswahrnehmung gemeinsame Functionen aller eigentlichen Sehorgane seien.

2. Feinheit des Farbensinnes.

Ganz ähnlich wie mit der Verbreitung verhält es sich offenbar auch mit der Feinheit des Farbensinnes, d. h. letztere ist im allgemeinen viel grösser, als sie nach den Ergebnissen der Farbenwahl-Experimente zu sein scheint.

Genau aus demselben Grunde nämlich, aus welchem wir beim Mangel irgend einer Farbenreaction nicht sofort auf ein totales Fehlen des Farbensinnes überhaupt schliessen dürfen, ist es auch nicht erlaubt, anzunehmen, dass, wenn ein Tier z. B. nur auf den Gegensatz Rot-Blau, nicht aber auf Rot-Gelb, Gelb-Grün u. s. f. reagiert, dass es dann, sage ich, die letzteren kleineren Differenzen der Wellenlänge auch gar nicht zu unterscheiden vermag. Worauf ich dann noch besonders aufmerksam machen möchte ist das, dass es wahrscheinlich und auf alle Fälle möglich ist, dass gewisse Tiere noch viel feinere Farbenabstufungen erkennen als die sind, welche bei unseren Experimenten in Anwendung kamen, und dass sich dieses Unterscheidungsvermögen jedenfalls auch auf verschiedene Farbenmischungen und Farbenzeichnungen erstreckt. Hiebei denke ich aber nicht etwa nur an gewisse Säuger und Vögel, deren Augen und sonstiges Verhalten auf einen solchen feinen Farbensinn schliessen lassen, sondern auch an manche niedere Tiere, wie insbesondere an gewisse Insecten.

Abgesehen davon nämlich, dass die letztgenannten Tiere sehr complicierte Augen besitzen und, was noch schwerer ins Gewicht fällt, z. T., wie z. B. die Bienen, selbst auf kleinere Farbendifferenzen wie z. B. auf Rot-Gelb, Gelb-Grün etc. deutlich zu reagieren scheinen, deuten noch andere Umstände auf eine grosse Feinheit ihres Farbensinnes hin. Ich habe hiebei speciell den Umstand im Auge, dass manchen Insecten zur Erkennung ihrer eigenen Art, wie sie vor allem behufs der Fortpflanzung angenommen werden muss, keine anderen Merkmale als gewisse Farbenunterschiede zu Gebote zu stehen scheinen, indem es ja bekannt ist, dass sich verwandte Arten äusserlich oft nur im Colorit oder in der Zeichnung unterscheiden, und doch nicht, wenigstens nicht allgemein angenommen werden darf, dass das gegenseitige Erkennen durch andere für uns unfühlbare Reize, wie z. B. durch gewisse Gerüche oder Töne vermittelt werde.

Wenn ich aber auf Grund der eben angeführten Verhältnisse speciell gewissen Insecten einen sehr feinen Farbensinn zuschreibe, so möchte ich doch nicht soweit gehen wie Grant, der (pag. 141) behauptet, dass der Farbenunterscheidungssinn dieser Tiere sogar aus-

geprägter (more marked) als beim Menschen sei, und könnte meiner Meinung nach ein relativer Vorzug der Insecten höchstens darin bestehen, dass ihr Sehen, wie man sich kurz auszudrücken pflegt, ein mehr mikroskopisches als bei uns ist.

3. Beschaffenheit der Farbenvorstellungen.

So weit auch sonst die Meinungen über die Verbreitung, den Umfang und die Intensität des Farbensinnes der Tiere auseinandergehen, so herrscht doch darüber vollständige Übereinstimmung, dass wir über die eigentliche Beschaffenheit der Farbenvorstellungen anderer animalischer Wesen weder eine positive Erkenntnis haben noch überhaupt je eine solche erlangen können.

Dies Geständnis der völligen Unzulänglichkeit unserer Forschungsmittel gegenüber dem Quale der tierischen Farbenempfindungen legt u. A. sogar Grant ab, der es sonst bekanntlich mit den Grenzen des für uns Erkennbaren nicht so genau nimmt, indem er (pag. 19) sagt, dass wir z. B. nicht wissen können, ob die Empfindung oder Vorstellung („mental idea") von Blau im Bewusstsein eines Schmetterlings oder Kolibris mit der Empfindung identisch sei, wie wir sie (unter normalen Bedingungen) von derselben Farbe haben.

Um so überraschender ist nun aber die Zumutung, die uns derselbe Forscher sozusagen mit demselben Athemzuge macht, indem er (pag. 20) meint, es sei „kein allzuunbilliges (!) Verlangen", dass man „auch ohne stricten Beweis" an die von ihm angenommene Übereinstimmung in der Farbenempfindungsqualität der „Vierfüssler, Vögel, Fische und Insecten glauben soll." [1])

Darauf möchte ich erwidern, dass wir, ganz abgesehen davon, dass der Glaube mit der Wissenschaft nichts gemein hat, auch nicht einmal das Recht besitzen, etwas zu glauben, was erwiesenermassen gegen die Wahrheit verstösst, und dies wird uns eben im vorliegenden Falle zugemutet.

Wenn wir nämlich auch nicht wissen können, welchen besonderen Charakter die Vorstellungen der Farben bei den Tieren haben, so können wir doch, was contra Grant zuerst Magnus (in dem mehr

[1]) Der Originaltext dieser das Grant'sche Werk am besten charakterisierenden Stelle lautet (p. 20):

„That we kan prove this correspondence (of our idea of colour with that of beasts (!) birds, fishes and insects) no on could for a moment maintain; but that we should believe it without strict proof, is not, it seems to me, a very dangerous (!!) precedent."

citierten Aufsatz) hervorhob, wissen, dass speciell bei den von Grant erwähnten höheren Tieren, sowie bei den Insecten die Farbenvorstellungen nicht ganz identische seien. Zur Begründung seiner Behauptung weist Magnus u. A. auf jene Tiere (gewisse Vögel, Frösche etc.) hin, welche in ihren Retinazapfen rote, gelbe, grüne etc. Ölkügelchen enthalten, indem er daran die Folgerung knüpft, „dass solche Augen nur eine rudimentäre Farbenkenntnis gewinnen können." Mir scheint nun zwar, dass Magnus die Sache etwas übertreibt, wenn er annimmt, dass meinetwegen die roten Ölkügelchen der Taube ähnlich wie rote Gläser hauptsächlich nur rotes Licht durchlassen und die „meisten" übrigen Stralen absorbieren; wenn wir aber auch voraussetzen, dass die in Rede stehende Tauben-Retina wegen der ausserordentlich geringen Dicke des farbigen Mediums auch gelbe, grüne, ja vielleicht sogar blaue Stralen passieren lässt, so erfährt doch auf alle Fälle das weisse Licht eine Veränderung im Mischungsverhältnis der es zusammensetzenden Farbencomponenten und wird also auch schwerlich so zur Vorstellung gelangen wie bei jenen Tieren, welche im Auge keine solchen farbenabsorbierenden Substanzen besitzen. [1])

Indem ich vorläufig die anderen Gründe, welche Magnus zum Beweise der Verschiedenheit der Farbenvorstellungen der Tiere vorbringt, übergehe, möcht' ich in dieser Beziehung nur noch auf ein Argument aufmerksam machen, das der genannte Forscher gar nicht berührt hat. Es ist die durch meine Experimente, wie ich glaube, hinlänglich bewiesene Tatsache, dass viele Tiere auf jene stark brechbaren (ultravioletten) Stralen reagieren, die uns ganz oder doch zum grössten Teile unsichtbar bleiben.

Abgesehen davon nämlich, dass die betreffenden Reactionen auf uns ganz fehlende respective auf neue Farbenvorstellungen schliessen lassen, ist es, wie bereits Lubbock hervorhob, wol auch sehr wahrscheinlich, dass mit dem Sichtbarwerden des Ultraviolet, falls letzteres überhaupt, was sich freilich schwer erweisen lässt, wirklich als eine

---

[1]) Der einfacheren Darstellung wegen seh' ich vorläufig davon ab, dass ja auch unsere Retina farbenabsorbierende Medien besitzt, und möchte nur noch betonen, dass sich mit den vorgebrachten Argumenten ein stricter Beweis für die Verschiedenheit des Farbenvorstellens nicht führen lässt.

Bemerken will ich noch, dass aus naheliegenden Gründen zu erwarten wäre, dass die Lieblingsfarbe jener Tiere, welche farbige Einschlüsse in ihren Retinazapfen haben, mit der der letzteren übereinstimme, dass also z. B. der Frosch vor allem Gelb, die Taube rot u. s. w. bevorzuge. Letztere bekundet aber, wie wir gesehen haben, überhaupt gar keinen ausgesprochenen Farbengeschmack.

besondere Farbe vorgestellt wird, auch die Vorstellung des Weiss eine andere Beschaffenheit annimmt. [1])

Analog würde es sich auch verhalten, wenn Tiere für gewisse Farben — für das Rot liegen in unseren Beobachtungen einige Anhaltpunkte vor — vollkommen unempfindlich wären.

Wenn ich aber auch und zwar ebenso entschieden wie Magnus die Ansicht bekämpfe, dass das Farbenvorstellen bei allen Tieren im wesentlichen das nämliche sei, indem es bei einzelnen Formen höchst wahrscheinlich ein abweichendes ist, so muss ich mich andererseits auch wieder gegen die von Magnus aufgestellte Behauptung erklären, „dass je nach den morphologischen Besonderheiten des Gehirns und der Netzhaut bei den verschiedenen Tierclassen notwendig auch die Farbenvorstellung eine verschiedene sei."

Zunächst ist einleuchtend, dass, wenn wir über die Beschaffenheit der Farbenvorstellungen bei den Tieren überhaupt nichts Bestimmtes wissen, wir a priori ebensowenig eine allgemeine Verschiedenheit als eine allgemeine Übereinstimmung derselben anzunehmen berechtigt sind. Was wir behaupten dürfen, das ist meines Erachtens höchstens das, dass es mit Rücksicht auf die grosse Verschiedenheit in der Organisation der Tiere wahrscheinlicher ist, dass gewisse Abweichungen in der Beschaffenheit der Farbenvorstellungen vorkommen, als dass dieselben durchaus völlig congruent sind.

Dieser Organisationsverschiedenheit darf man aber, wie mir scheint, nicht unbedingt den grossen Einfluss auf die Bildung von Farbenvorstellungen und auf die Empfindungsqualität überhaupt zuschreiben, wie es vielfach geschieht, und noch weniger darf man dies, wie es Magnus tut, bezüglich der rein „morphologischen" Differenzen.

Ich will ein paar der vom letztgenannten Forscher hervorgehobenen Argumente etwas näher beleuchten.

Das erste bezieht sich auf gewisse periphere Teile des Sehapparates, nämlich auf die schon früher erwähnten Zapfen der Retina, die, wie besonders Max Schultze [2]) annahm, eine specifisch „chromatische Bedeutung" haben sollen. „Dürfen wir nun, sagt Magnus, diese

---

[1]) Etwas verändert dürfte das Weiss immer werden. Denken wir uns nämlich auch den einfachsten Fall, dass das Ultraviolet durch fluorescierende Augenmedien in sichtbares Violet oder Blau umgewandelt wird, so wird in Folge der Zunahme der Blau-Menge notwendig das Weiss ein anderes, sagen wir, mehr bläulich.

[2]) Vgl. u. A. in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben das Capitel 36 Retina pag. 1009—1013.

zapfenartigen Gebilde der Netzhaut als wichtige Momente (!) bei der Entstehung der Farbenempfindung ansehen, so muss ihre morphologische Verschiedenheit natürlich auch in der allerunmittelbarsten Weise auf die Farbenvorstellung Einfluss haben . . . . und wenn wir nun hören, dass gewisse Tiere, wie z. B. der Igel, der Maulwurf, die Fledermaus, der Haifisch u. a. gar keine Netzhautzapfen besitzen, so gewinnt es den Anschein, als ob derartig organisierte Tiere überhaupt kein Farbenempfindungsvermögen besitzen könnten.

Dass dieser Schluss (der übrigens streng genommen mit der Farben-Vorstellung gar nichts zu tun hat) ein völlig irriger ist, erhellt am besten aus dem Umstande, dass viele wirbellose Tiere, die keine den specifischen Vertebratenzapfen genau vergleichbaren Retinagebilde besitzen, gleichwol ein sehr entwickeltes Farbenempfindungsvermögen besitzen.

Da wir schon bei der Frage nach der eventuellen chromatoptischen Bedeutung der Zapfen- resp. der bacillären Retinateile überhaupt sind, will ich noch darauf hinweisen, dass manche niedere Tiere, die ich auf Grund meiner Experimente für farbenempfindlich halten muss, wie z. B. die Blutegel, in ihren Augen überhaupt gar keine solchen Elemente besitzen. Dies, sowie die Tatsache, dass gewisse Tiere auch ohne alle Augen auf Farben reagieren, ist meines Erachtens eine wichtige Stütze für die immer mehr sich bahnbrechende aber von Magnus ganz unerwähnt gelassene photochemische Theorie, nach welcher das Farbenempfinden weniger an „morphologische Besonderheiten“ als vielmehr an die Gegenwart gewisser „lichtumsetzender“ Substanzen gebunden erscheint.[1])

Das zweite Hauptargument für die Ansicht, „dass (pag. 436) für jede Tierclasse eine besondere der Organisation dieses Tieres (!) genau entsprechende Farbenvorstellung vorhanden sein muss“, glaubt dann Magnus in der Verschiedenheit der „morphologischen Ausbildung des nervösen Centralorgans“ zu finden.

Nun, ich muss offen gestehen, dass ich diesem Argument nicht die Bedeutung beilegen kann, die ihm Magnus gibt. Ich begreife nämlich zwar ganz gut, dass ein relativ einfach construiertes und auch dem Volumen nach relativ kleines Gehirn im allgemeinen weniger leistungsfähig als ein höher differenciertes Centralorgan ist, und dass

---

[1]) Vgl. ausser den Specialarbeiten von Boll, Kühne u. s. w. u. A. das Handbuch der Physiologie von Hermann sowie das höchst instructive Buch von J. Kries „Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse“ (Leipzig 1882) pag. 25—29 u. a. O.

durch die Vereinfachung des Baues zumal die Zal und die Verknüpfung der Vorstellungen beschränkt wird, ich kann aber nicht ohne weiteres zugeben, dass, wenn ein Tier, sagen wir die Biene, wirklich Farbenvorstellungen hat, diese unbedingt andere als bei uns sein müssen. *Oder wissen wir denn, dass gerade das Gehirn-Organ der Farbenvorstellung bei der Biene ein wesentlich anderes als bei uns ist*, d. h. dass die betreffenden Nervengewebe *nicht* dieselben Wirkungen hervorbringen können, die sie bei uns erzeugen?[1]

Die Ansicht von Magnus wäre nach meinem Dafürhalten höchstens dann zulässig, wenn der Beweis erbracht wäre, dass es weniger die feinen für uns unkennbaren als die ganz groben augenfälligen Differenzen der centralen Nervengewebe sind, welche auf die Farbenempfindungsqualität bestimmend einwirken.

Wenn ich hier aber der auch sonst weit verbreiteten Anschauung entgegentrete, dass mit der äusseren Form und Construction des Tiergehirns auch sofort die Beschaffenheit der diversen Sinnesvorstellungen und anderer psychischer Erscheinungen sich ändern müsse, so geschieht dies etwa nicht, um im Sinne der „einheitlichen Naturordnung“ *Grants* eine künstliche Übereinstimmung zu schaffen, sondern ich will nur ausdrücken, dass die Postulierung einer Verschiedenheit ohne ausreichende Begründung ebenso gegen den Geist der Wahrheit verstösst als jene einer völligen Übereinstimmung.

4. Entwicklung des Farbensinnes.

Noch interessanter als die Frage, wie denn eigentlich die Farbenempfindungen der Tiere beschaffen sind, d. h. wie ihnen z. B. Blau oder Rot erscheint, ist unstreitig die, wie überhaupt der Sinn für die

---

[1]) Da Magnus an einer anderen Stelle (p. 435) den Farbensinn die „*höchste*“ Function des Auges nennt, scheint er der Meinung zu sein, dass derselbe auch die relativ grösste Complication des Centralorganes erfordere. Möglicherweise setzt aber der Formensinn einen complicierteren Nervenmechanismus als der Farbensinn voraus.

Um zu erfahren, ob das Farbenempfinden verschiedener Tiere auf ähnlichen Bedingungen beruhe, wären jedenfalls auch Versuche mit solchen Substanzen, wie Santonin, Woorara, Calabar-Bohne, Belladonna u. s. w., welche bei uns die Farbenempfindungen teils ganz aufheben, teils verändern, zu unternehmen.

Die einschlägigen Experimente von Chatin (l. c. p. 21) betreffs allfälliger Veränderung der „impressionabilité de la retine“ beim Frosch ergaben ein negatives Resultat. Trotzdem ist es ja möglich, dass z. B. ein santonisierter Frosch auf gewisse Farben weniger, resp. mehr reagiert als ein normaler

Farben entstanden ist, oder welches die Ursachen waren, welche zur Unterscheidung qualitativer Lichtunterschiede geführt haben.

Im Gegensatze zu Grant, der fast auf jeder Seite seines Buches diesen Gegenstand berührt, muss ich nun leider sofort erklären, dass ich hierüber noch weniger als bezüglich der Natur der Farbenvorstellungen zu sagen weiss, und wenn ich der Besprechung dieses Themas gleichwol ein eigenes, wenn auch kurzes Capitel widme, so geschieht dies nur, um auf Grund positiver Tatsachen die Illusionen zu zerstreuen, welche die Lectüre des Grant'schen Werkes in manchem Leser hervorrufen kann.

Hätte sich Grant auf die Behauptung beschränkt, dass zwischen dem Farbensinn und den Farben der die Tiere beeinflussenden Umgebung eine gewisse Wechselwirkung bestehe, dass also einerseits mit dem Auftreten neuer Farben an für die Tiere wichtigen Naturgegenständen z. B. an Blumen, an Früchten u. s. f. das Bedürfnis nach einer entsprechenden Erweiterung des Farbensinnes zunehme, und dass andererseits eine stärkere Differencierung des letzteren auch wieder die Bedeutung der objectiven Farben erhöhen könne, so könnte man sich mit einer solchen Anschauung im allgemeinen allenfalls einverstanden erklären, wenn wir auch hinsichtlich der näheren Modalitäten, wie man sich eine solche gegenseitige Anpassung zu denken hat, noch lange nicht im Reinen sind.

Grant ergeht sich aber in Behauptungen, die wir unbedingt als völlig irrtümliche bezeichnen müssen. Ich will nur auf einige derselben aufmerksam machen. — U. A. stellt Grant den Satz auf, dass wir im Ursprung der Blumen auch den Ursprung des Farbensinnes der Insecten zu erblicken haben, und dass die genannten Tiere vor dem Übergang zur Blumennahrung die verschiedenen Farben zunächst nur als verschiedene Lichtintensitäten empfunden haben.

Wie völlig ungerechtfertigt eine solche Ansicht ist, mag einfach aus der Tatsache erhellen, dass ja auch viele Insecten, die, wie z. B. der Schwimmkäfer, oder die Werre, mit Blumen absolut nichts zu tun haben, dennoch einen sehr ausgebildeten Farbensinn besitzen.

Während Grant, wie wir eben gehört haben, den Farbensinn der Insecten sozusagen als eine unmittelbare Folgewirkung der Blumenentwicklung auffasst, heisst es dann wieder zwei Seiten später (p. 37): „So — nämlich grün oben und braun unten (!) — können wir vermuten, war im grossen und ganzen das Aussehen unserer Erdoberfläche beschaffen, ehe der Farbensinn den gesammten Farbenreichtum entstehen liess, der Wald und Feld in unseren Augen einen so hohen Reiz verleiht.“ Wenn die farbigen Blumen erst den Farbensinn

erzeugt haben sollen, wie, muss man wol fragen, konnte dann der Farbensinn die farbigen Blumen hervorbringen?

Bezüglich der angenommenen und auch von anderen Forschern überschätzten Wechselwirkung zwischen dem Farbensinn und den Blumen muss ich aber noch ausdrücklich betonen, dass wir nicht einmal bestimmte Anhaltspunkte für die Annahme besitzen, dass bei den blumenliebenden oder anthophilen Insecten der Farbensinn eine höhere Entwicklung als bei den übrigen Kerfen erreicht hat. Die Biene z. B. besitzt allerdings einen im ganzen gut ausgeprägten Farbensinn, wenn wir aber sehen, dass u. A. der Hundefloh auf feinere Farbenunterschiede, wie z. B. auf Rot-Gelb und Gelb-Grün, viel stärker als die Biene zu reagieren scheint, muss unsere hohe Meinung vom farbensinnbildenden Einfluss der Blumen wol sehr herabgestimmt werden.

Eine ganz ähnliche gegenseitige Anpassung wie zwischen den Blumen und dem Farbensinn der Insecten nimmt dann Grant, wie zu erwarten war, auch zwischen dem Farbensinn der höheren Tiere und den schönfarbigen Früchten an, welche sie geniessen, wobei er soweit geht (p. 93) zu behaupten, „dass das Gefieder der meisten Prachtvögel sowie der Pelz und die Haut der am lebhaftesten gefärbten Säugetiere im allgemeinen der Vorliebe für schöne Farben zu danken ist und in Zusammenhang mit fleischigen Früchten entwickelt wurde.“

Nun, ich will die Möglichkeit, dass die Farben der Früchte gleich jenen der Blumen auf die Entwicklung des Farbensinnes irgend einen fördernden Einfluss gehabt haben, nicht völlig läugnen, das aber muss ich constatieren, dass zur Begründung dieser Annahme auch nicht eine einzige Tatsache angeführt werden kann, ja dass gewisse Erfahrungen eher dagegen sprechen. Ich erinnere diesfalls nur daran, dass z. B. das Schwein, das ja sonst gerade nicht das Schöne aufzusuchen pflegt, sehr stark auf Farben reagiert, während der im Farbenglanz der Tropenwälder lebende Papagei auch nicht die geringste Farbenfreude an den Tag legt.

Gibt man aber auch die Möglichkeit zu, dass durch die relativ grellen und reinen Farben der Blumen und Früchte die Entwicklung des Farbensinnes befördert werden könne, so darf man doch — und darauf lege ich mit Rücksicht auf gewisse gegenteilige Anschauungen ein besonderes Gewicht, auf keinen Fall annehmen, dass etwa die Entstehung des Farbensinnes notwendig die Einwirkung relativ intensiver Farbenreize voraussetze.

Dass eine solche Abhängigkeit in der Tat nicht besteht, ergibt sich nämlich schon aus der Tatsache, dass auch Tiere, wie z. B. der Triton, der Schwimmkäfer u. A., welche sich stets an sehr düsteren Orten aufhalten, gleichwol und zwar z. T. in sehr energischer Weise auf Farben reagieren.

Zuletzt sei mir auch noch ein Wort über die in der letzten Zeit so viel ventilierte Frage nach der Entwicklung des Farbensinnes beim Menschen verstattet; denn habe ich auch keine speciellen Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt, so glaube ich doch ohne Unbescheidenheit behaupten zu dürfen, dass meine ausgebreiteten Experimente über das Helligkeits- und Farbengefühl der Tiere zur richtigen Beurteilung der schwebenden Frage eine bessere Grundlage bilden, als die poetischen Farbenwörter der alten Griechen und Indier, auf welche u. A. Geiger,[1]) Gladstone und H. Magnus[2]) ihre Theorie hauptsächlich gestützt haben.

Diese Theorie besteht bekanntlich in der Annahme, dass die Urmenschen von den einzelnen Farben zuerst nur Rot unterscheiden konnten und dass — ich folge hier speciell der Darlegung von H. Magnus — der weitere Entwicklungsgang des Farbensinnes „genau an die allmälige Lichtabschwächung der Spectralfarben sich haltend," von Rot zu Gelb, dann zu Grün, später zu Blau und schliesslich zu Violet fortschritt, wobei die letzten dieser angeblichen Entwicklungsstadien erst in die Nach-Homerische Zeit fallen sollten, in dem der grosse Epiker — so behauptet man nämlich! — noch blaublind war.

Darf ich ohne allen Rückhalt mich darüber äussern, welchen Eindruck mir diese Theorie schon vor dem Beginne der vorliegenden Studien gemacht hat, so muss ich sagen, dass ich sie als ein offenbares Attentat auf die gesunde Vernunft betrachtete und dass ich nicht genug die Mässigung bewundern konnte, deren sich A. Marty[3]) bei der nach allen Richtungen gleich treffenden Widerlegung dieser Anschauungen beflissen hat.

---

[1]) Vorträge zur Entwickelungsgeschichte der Menschheit. Stuttgart 1871.

[2]) Die geschichtliche Entwickelung des Farbensinnes. Leipzig 1877.

[3]) Die Frage nach der geschichtlichen Entwicklung des Farbensinnes. Wien, Gerold, 1879.

Während man aber bis nun der bekämpften Theorie noch ein gewisse Scheinberechtigung durch die Annahme hätte verleihe können, dass vielleicht bei den uns körperlich nächst verwandte Tieren neben Blaublindheit vorwiegend nur Rot-Empfindlichkeit, wi man sie den Urmenschen zuschrieb, vorhanden sei, ist, wie ich glaube durch meine Versuche auch diese Ausflucht unmöglich gemacht; denn wenn, wie sich zeigte, das Schwein und der Hund die Qualität Blau, neben Rot etc. als solche zu unterscheide befähigt sind, ist wol kaum anzunehmen, dass etwa de Gorilla oder der Orang blaublind seien.[1])

---

[1]) Ich kann hier nicht umhin, noch beizufügen, dass sich Grant speciell um die Widerlegung der Geiger-Magnus'schen Hypothese u. zw. nicht nur durch Erwägungen allgemeinerer Art, sondern insbesondere auch durch die mühselige Sammlung zalreicher einschlägiger Tatsachen unbestritten ein sehr grosses Verdienst erworben hat.

ZWEITER TEIL.

Helligkeits- und Farbensinn der augenlosen und geblendeten Tiere.

Die Lehre von der Entwicklung der Sinnesorgane geht bekanntlich von der Annahme aus, dass dieselben nur differencierte, d. i. zur Perception gewisser Reizgattungen, wie Schall, Licht u. s. w. besonders angepasste Teile oder Abschnitte der mit Sensibilität begabten allgemeinen Körperhaut sind, und dass dem entsprechend die specifischen Sinnesfunctionen, wie Sehen, Hören u. s. w. ihren Ursprung in jenen Empfindungen haben, die gewissen Hautzellen und dem Protoplasma überhaupt zukommen.

Mit Rücksicht darauf ist das Interesse, das sich zunächst an die Erforschung des Lichtempfindens der augenlosen Tiere knüpft, von selbst einleuchtend. Wenn nämlich die Augentiere von augenlosen Formen abstammen, die aber bereits eine gewisse Lichtempfindlichkeit besassen, so dürfen wir erwarten, dass unter sonst entsprechenden Umständen auch gegenwärtig noch jene Tiere, bei denen es aus was immer für Gründen zu keiner Augenentwicklung gekommen ist, für gewisse Lichtreize empfänglich sind.

Von noch grösserem Interesse ist aber selbstredend die Erforschung der Lichtempfindlichkeit der Haut bei den geblendeten Tieren. Sollte sich nämlich herausstellen, dass Tiere, welche im Besitze specifischer Sehvorrichtungen sind, auch noch nach Entfernung derselben gewissen Lichteindrücken zugänglich sind, so hätten wir ja den schlagenden Beweis, dass es wirklich auch ohne Augen eine Art Sehen gibt, beziehungsweise, dass die Haut einen gewissen Grad ihrer ursprünglichen Lichtempfindlichkeit auch dann noch beibehält, nachdem die letztere Fähigkeit in Folge der Ausbildung besonderer Lichtperceptionsorgane sozusagen völlig zwecklos geworden ist.

Angesichts der Wichtigkeit der berührten Frage und des Umstandes, dass es ja wol auch sonst interessant und bezüglich gewisser biologischer Verhältnisse sogar notwendig zu wissen ist, ob auch augenlose und geblendete Tiere Lichteindrücken zugänglich sind, und in welchem Grade sie durch dieselben afficiert werden, sollte man nun meinen, dass hierüber auch bereits zalreiche und eingehende Versuche gemacht worden seien. Wie es aber so häufig

zu gehen pflegt, dass man über der Erforschung kleinlicher Verhältnisse die Haupt- und Fundamentalfragen ganz ausser Acht lässt, so verhält es sich auch hier. Man hat sich auf dem in Rede stehenden Gebiet der physiologischen Optik die allerverschiedensten und z. T. die allerdifficilsten Aufgaben gestellt, man hat z. B. sogar das Lichtverhalten ausgeschnittener Augen und einzelner Augenteile zum Gegenstand eingehender Studien gemacht; aber über die doch weit näher liegende und auch sonst unstreitig weit interessantere Frage, ob Augentiere auch ohne Augen noch lichtempfindlich sind, liegt, so viel mir wenigstens bekannt ist, auch nicht eine einzige Untersuchung vor. Hinsichtlich der augenlosen Tiere steht die Sache allerdings insoferne günstiger, als, ganz abgesehen von den ausgedehnten Studien Strasburgers[1]) und den noch tiefer eindringenden neuesten Untersuchungen Th. Engelmanns[2]) über die photokinetischen Erscheinungen gewisser niederster Organismen (Schwärmsporen, Myxomyceten, Diatomeen und Infusorien) wenigstens einzelne u. zw. Tiere fast aller Classen betreffende Beobachtungen vorliegen; alle diese bisher bekannt gewordenen Tatsachen können uns aber in keiner Weise befriedigen, da das Verhalten gegen farbiges Licht — die eben erwähnten Engelmann'schen Experimente an Infusorien ausgenommen — ganz unberücksichtigt blieb und als auch die Angaben über das Helligkeitsgefühl meist nur ganz vage sind.[3])

---

[1]) Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena 1878.

[2]) Über Licht- und Farbenperception niederster Organismen. Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie 29. Bd. p. 387—400.

[3]) Einige nähere Details findet man in meinem Vorbericht „Fundamentalversuche über die Licht- und Farbenempfindlichkeit augenloser und geblendeter Tiere.“ Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 87. Bd. I. Abt. 1883.

Hier will ich nur eine kurze Übersicht der dort erwähnten bisherigen photopathischen Beobachtungen geben.

Protozoa. Euglena viridis (Engelmann). Sehr starke und von der O-Spannung mehr unabhängige Lichtempfindlichkeit bes. am oralen Ende. Phengo- und kyanophil.

Paramaecium bursaria (Engelmann). Starke photokin. Reactionen, aber, wie es scheint, nur in Folge der chemischen Einwirkungen des Lichtes, resp. der Sauerstoffspannung.

Porifera. Larve von Reniera filigrana O. Sch. photo- (resp. phengo-) phil. Sammeln sich an der Lichtseite des Aquariums.

Coelenterata. Edwardsia, Cereanthus etc. sollen durch plötzlich einfallende Licht- (Sonnen ?) stralen erschreckt werden. Phengophob ?

Cyanea- u. a. Tubulariden-Larven (Sars) phengophil. Suchen die Lichtseite des Aquariums auf.

Echinodermata ?

Unter so bewandten Umständen dürften nun wol die nachstehenden Untersuchungen, trotzdem sie sich nur auf eine einzige augenlose Form, den Regenwurm, und auf zwei geblendete Augentiere, den Triton und die Küchenschabe, erstrecken, als eine erste Grundlage zu einer methodischen Erforschung des Hautlichtsinnes willkommen sein.

Eines muss ich noch in Erinnerung bringen, dass nämlich die Reactionen, welche das Licht bei den in Rede stehenden Tieren bewirkt, nicht ohne weiteres auf directe photodermatische Empfindungen bezogen werden dürfen, da ja, wie schon bei einer früheren Gelegenheit hervorgehoben wurde, von vorne herein auch die Annahme möglich ist, dass man es, wenn wir von einer thermischen Erregung ganz absehen, in erster Linie mit chemischen Veränderungen zu tun hat, und dass die Afficierung des Gefühls, wie sie sich in den Reactionen äussert, nur eine secundäre, möglicherweise nicht einmal durch periphere Reize bedingte Erscheinung ist.

Im Schlusscapitel werde ich indess zeigen, dass speciell für die vorliegenden Fälle diese Annahme einer nur indirecten Erregung des Sensoriums durch das Licht wenig Wahrscheinlichkeit hat, und mit Rücksicht darauf mag man es entschuldigen, wenn ich gelegentlich schon anticipando Ausdrücke wie Hautlichtsinn und Haut-Lichtempfindungen gebrauche.

Vermes. Lumbricus (sieh später!) phengophob. Von photopathischen Eigenschaften der Eingeweidewürmer merkwürdigerweise keine nähere Angabe.

Mollusca. Dentalium (Lacaze-Duthiers) phengophob. Zieht bei Belichtung den Fuss ein.

Cristatella phengophil?

Paludicella phengophob?

Hyalaeen photopathisch? Vielleicht wie m. a. niedere Seetiere bestimmten Helligkeitsgraden angepasst.

Arthropoda? (Pentastomum, blinde Insecten etc.?)

Vertebrata? (Blinde Fische, Coecilien, Proteus, Blindmoll etc.?)

I. Abschnitt.

Experimente über das Lichtgefühl augenloser Tiere.

Regenwurm.

Dass der Regenwurm ein sehr lichtempfindliches resp. lichtscheues Tier ist, wurde bekanntlich schon vielfältig beobachtet und haben insbesondere Hoffmeister[1]) und in neuester Zeit Darwin[2]) hierüber nähere Versuche gemacht, die sich aber hauptsächlich darauf beschränkten, dass die aus ihren Erdlöchern kommenden Tiere mit relativ intensivem Licht beleuchtet wurden.

Besonders hervorheben muss ich noch, erstens, dass nach Darwin die Farbe des Lichtes „allem Anschein nach keine Verschiedenheit im Resultat hervorbrachte" und zweitens, dass es, wie zuerst Hoffmeister angab und dann Darwin bestätigen zu können glaubte, nur das vordere cerebrale Ende des Körpers sein soll, welches durch das Licht beeinflusst wird, indem, wie Darwin (p. 13) sagt, gar keine Wirkung (d. i. Zurückziehen des Körpers in das Erdloch) erzielt wird, wenn das Vorderende beschattet und nur der übrige Körper („voll") beleuchtet wird.

Übergehend auf die eigenen Experimente, so bediente ich mich hiebei derselben Methode wie bei den Augentieren, d. h. es wurden möglichst viele Individuen genommen und dieselben längere Zeit einem gewissen Lichtcontraste, Weiss-Schwarz, Rot-Blau etc. ausgesetzt, und will ich in Bezug auf dieses Verfahren nur kurz darauf aufmerksam machen, dass dasselbe allein eine nähere Vergleichung

---

[1]) Die bis jetzt bekannten Arten aus der Familie der Regenwürmer. Braunschweig, 1845.

[2]) Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer. Aus dem Englischen übersetzt von V. Carus, Stuttgart 1882.

der Reactions- resp. der Gefühlsintensitäten gestattet, während mit Hilfe der bisher prakticierten Methode offenbar nichts weiter festgestellt werden konnte, als dass unsere Tiere gegen diverse Lichtreize überhaupt empfindlich sind. —

Was das Beobachtungsgefäss anlangt, so nahm ich hiezu den hinsichtlich seiner Construction und Grösse bereits früher beschriebenen Blechkasten und zwar je 1 Abteilung. Der Boden desselben wurde, um den Tieren doch einigermassen ihr natürliches Medium zu ersetzen, mit einer Schichte Erdschlamm versehen, die aber so dünn war, dass sie sich darin nicht dem Lichteinflusse entziehen, d. h. verbergen konnten. Die Exposition dauerte (bei den normalen Tieren) ca. je 1 Stunde, worauf die Lichter vertauscht und die Tiere, wie beim Beginn des Versuches, in die Mitte (zwischen beiden Abteilungen) gegeben wurden.

Eins muss ich noch erwähnen, dass ich nämlich alle 4 bis 6 Stunden frische Tiere nahm, von denen ich in mehreren grossen Erdkufen ein paar Tausend Stücke vorrätig hielt.

Lichtverhalten der Regenwürmer im normalen Zustand.

Helligkeitsgefühl.

Weiss-Schwarz.

18. Oct. 19° R.								Summe
Weiss	12	1	7	10	2	3	5	**40**
Schwarz	28	39	33	30	28	27	25	**210**

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{5{\cdot}2}.$$

Diese Zalen beweisen zunächst und ich glaube viel besser als die Ergebnisse aller bisherigen Versuche, dass der Regenwurm in der Tat lichtempfindlich, resp. lichtscheu ist. Die Vergleichung des Reactionsquotienten mit dem der phengophoben Augentiere zeigt uns aber noch ferner, dass die Wirkung des Lichtes auf unser augenloses Tier und möglicherweise also auch das Helligkeitsgefühl überhaupt sogar grösser als bei vielen Augentieren ist und möchte ich diesfalls speciell an die unter ähnlichen Bedingungen lebende Werre (mit dem freilich für eine kürzere, also ungünstigere Expositionszeit berechneten Quotienten 3) erinnern.

Hell. — Weniger Hell.

I. Hell (1)	I. w. Hell (Nr. 1 / 1·7)	II. Hell (1)	II. w. Hell (Nr. 1 / 1·7)	III. Hell (1)	III. w. Hell (Nr. 1 / 1·7)
12	18	14	16	13	17
7	23	16	14	10	20
12	18	9	21	12	18
4	26	16	14	19	11
8	22	7	23	21	9
		8	22	4	26
43	**107**	**70**	**110**	**79**	**101**

$$2)\quad \frac{\text{Hell}}{\text{w. Hell}} \left(\frac{1}{1{\cdot}7}\right) = \frac{192}{318} = \frac{1}{1{\cdot}6}.$$

Dieser Versuch dünkt mich noch wichtiger als der frühere mit Weiss-Schwarz, insoferne daraus hervorgeht, dass der Regenwurm auch gegen relativ sehr kleine Helligkeitsdifferenzen empfindlich ist, eine Tatsache, von der man bisher gar keine Ahnung gehabt haben dürfte.

Zur Prüfung des Helligkeitsgefühles bei farbigem Licht bin ich bisher leider nicht gekommen, und bleibt also auch hier wieder ein weiter Spielraum für eingehendere Untersuchungen.

Farbengefühl.

Rot—Blau mit Ultrav. (nur die Lichter vertauscht).

														Summe
Hell-Rot	(Nr. 10 / 15)	18	18	16	15	17	17	14	13	18	14	19	14	**193**
Dunkel-Blau	(Nr. 39 / 30)	2	2	4	5	3	3	6	7	2	6	1	6	**47**

$$3)\quad \frac{\text{Hell-Rot}}{\text{Dunkel-Blau m. uv.}} \left(\frac{15}{30}\right) = \frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Da das Rot, obgleich es entschieden heller als das Blau war, ganz constant und auffallend stärker wie letzteres frequentiert wurde, ist wol absolut kein Zweifel, dass die Qualitäten Rot und Blau als solche den Regenwurm sehr verschieden afficieren, resp. dass derselbe gleich den weissscheuen Augentieren ausgesprochen erythrophil ist, und wolle man noch beachten, dass der mittlere Reactionsunterschied genau dieselbe Höhe wie bei Weiss-Schwarz erreicht.

Rot-Grün.		Grün-Blau m. uv.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
11	9	15	5
14	6	18	2
14	6	20	0
16	4	15	5
16	4	15	5
12	8	13	7
13	7	14	6
16	4	13	7
11	9	15	5
16	4	.	.
15	5	.	.
14	6	.	.
168	**72**	**148**	**42**

Der Grün-Blau-Versuch lehrt zunächst, dass das Blau — trotz seiner Dunkelheit! — nicht nur dem Rot, sondern auch dem näher liegenden Grün gegenüber geflohen wird, während aus dem Rot-Grün-Experiment zu entnehmen ist, dass Rot trotz seiner Helligkeit weitaus den Vorzug vor Grün hat, und dass somit die Empfindlichkeit für kleinere qualitative Differenzen auch nach dieser Richtung zum Ausdruck kommt.

Die Minimalverhältnisse sind:

$$4)\quad \frac{\text{Hell-Rot}}{\text{Dunkel-Grün}}\left(\frac{6}{15}\right) = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

$$5)\quad \frac{\text{Hell-Grün}}{\text{Dunkel-Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Ich will hier noch auf den mir sehr bedeutsam erscheinenden Umstand aufmerksam machen, dass *auch hier* wie bei den Augentieren *der Reactionsunterschied um so grösser ist, je weiter die verglichenen Farben auseinanderliegen.*

Weiss mit — Weiss ohne Ultrav.

							Summe
Dunkel-Weiss m. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 1}}{1{\cdot}7}\right)$	1	0	7	2	3	**13**
Hell-Weiss o. uv.	$\left(\frac{\text{Nr. 5*}}{1{\cdot}2}\right)$	19	20	13	18	17	**87**

$$6)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}2}.$$

Das Resultat dieses Versuches ist geradezu überraschend. Ob nämlich für uns in der Farbe der beiden Lichter nur ein geringer Un schied ist (das ultravioletlose war etwas gelblich), zogen sich doch alle Würmer in das ultravioletlose Weiss, geradeso, als ob die betreffe Abteilung ganz dunkel wäre und ist dies noch um so auffallen als in Wirklichkeit gerade das vorgezogene Weiss das hellere

Aus diesem höchst beachtenswerten Verhalten können wir fe schliessen, dass die grosse Blau-Scheu des Regenwurmes vornehm in dem dem angewendeten Blau beigemengten Ultraviolet sei Grund hat und wären diesfalls noch weitere Versuche mit ultravio losem Blau zu unternehmen.

Die vorstehenden Experimente erfüllen aber ihren Zw wenigstens insoferne, als durch dieselben der unwiderlegliche Bew erbracht ist, dass die Regenwürmer durch Licht von verschiede Wellenlänge in sehr ungleicher Weise afficiert werden, resp. dass nicht nur quantitative, sondern auch qualitative Lichtdifferenzen (irgend eine Art) zu unterscheiden vermögen.

Lichtverhalten der Regenwürmer nach Entfernung d (cerebralen) Vorderendes.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass der augenlose Reg wurm gegen Helligkeits- und Farbendifferenzen sich ebenso empfindl zeigt wie die relativ stark photopathischen Augentiere, war ich selb verständlich noch begierig zu erfahren, ob diese überraschend gro Lichtempfindlichkeit wirklich nur, wie Hoffmeister und Darw behaupteten, im cerebralen Vorderende ihren Sitz hat, beziehun weise an das sog. Gehirn gebunden sei, oder ob sie sich nicht d vielleicht auch auf den übrigen Körper erstreckt.

Leider schlugen alle Versuche, das Licht vom Vordere durch Überbinden und Überkleben desselben abzuhalten, fehl und blieb mir nur der Ausweg übrig, den betreffenden Körperteil einf abzuschneiden. [1])

Da sich begreiflicherweise die Tiere in diesem Zustand langsamer bewegen und sich viel schwerer zu orientieren vermög

---

[1]) Ich brauche hoffentlich nicht besonders zu bemerken, dass ich genau da achtete, dass statt des Vorderendes nicht etwa das Hinterende ampu wurde. In der Regel schnitt ich ein ca. 7 mm. langes Stück ab, und z z. T., was wenig Unterschied macht, an beiden Enden. Grössere Exempl sind den ganz kleinen entschieden vorzuziehen.

verlängerte ich die Expositionsdauer auf 4 bis 12 Stunden, nach welcher Zeit natürlich wieder frische Exemplare verwendet werden mussten.

Weiss-Schwarz.

														Summe
Weiss	2	1	3	10	6	10	10	3	6	8	6	9	8	**82**
Schwarz	28	29	27	20	14	10	10	17	14	12	14	11	12	**218**

$$7)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{2{\cdot}7}.$$

Beachten wir, dass bei 13 Ablesungen nur zweimal Frequenzgleichheit herrschte, während in allen übrigen Fällen das Schwarz stärker wie das Weiss besucht war, und fasst man dazu noch den mittleren Reactionswert (2·7) ins Auge, so dürfen wir uns wol völlig überzeugt halten, dass sich die Lichtempfindlichkeit der Regenwürmer auf die ganze Haut erstreckt, und dass sie also nicht ausschliesslich an die Vorderganglien gebunden ist.

Da man aus dem Umstande, dass die Helligkeitsreactionszal der geköpften Würmer kleiner als die der normalen ist, leicht schliessen könnte, dass doch auf alle Fälle die Lichtempfindlichkeit des Vorderendes grösser als die des übrigen Körpers ist, so muss ich noch ausdrücklich betonen, dass dies wol aus anderen Erscheinungen, nicht aber aus den vorstehenden Versuchen geschlossen werden kann und zwar einfach darum nicht, weil sich ja die Tiere beim letzten Experiment in einem ganz abnormalen Zustand befinden und die geringere Reaction möglicherweise nicht eine Folge des Fehlens des relativ empfindlichsten Vorderendes, sondern eine Folge der stattgehabten Eingriffe in die Gesammtorganisation sein kann.

Rot-Blau mit Ultrav.

								Summe
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	23	13	17	13	14	16	**96**
Dunkel-Blau	$\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	7	7	3	7	6	4	**34**

$$8)\quad \frac{\text{Hell-Rot}}{\text{Dunkel-Blau m. uv.}} \left(\frac{6}{30}\right) = \frac{1}{0{\cdot}3}.$$

Der Versuch lehrt, und zwar wieder, wie mich dünkt, aufs Überzeugendste, dass auch die Farbenempfindlichkeit der ganzen Haut eigentümlich ist, und beachte man noch, dass der Reactionswert nur um ein Geringes kleiner als bei den normalen Tieren ist.

II. Abschnitt.

Experimente über das Lichtgefühl geblendeter Tiere.

Triton cristatus.

Der Grund, weshalb ich mir zur Untersuchung der photodermatischen Empfindungen der höheren Augentiere zunächst den Wassermolch auswählte, liegt einmal darin, dass derselbe bekanntlich im normalen Zustand ein ganz ausserordentlich starkes Lichtgefühl besitzt und dann ferner in dem Umstande, dass seine Haut in hohem Grade jene Eigenschaften (Zartheit und Pigmentreichtum) zeigt, welche von vorneherein zur Übertragung von Lichtreizen vor allem günstig erscheinen. Mit Rücksicht auf den letzterwähnten Umstand wurden ferner für diese Versuche nur junge Tiere, welche noch Kiemen besassen, oder dieselben doch erst vor Kurzem abgelegt hatten, verwendet; denn es ist ja klar, dass die Haut solcher Tiere noch zarter, bez. empfindlicher als die der ausgewachsenen Individuen ist.

Was die Methode der Blendung betrifft, so bestand dieselbe zunächst darin, dass ich die Augen mit einer geeigneten Pincette herausnahm, eine Procedur, bei welcher in der Regel auch ein Stück Opticus mit abgerissen wird. Auf derartig geblendete Tiere beziehen sich aber nur die ersten meiner Versuche mit Weiss-Schwarz, während bei allen folgenden Experimenten, um auch eine eventuelle Einwirkung des Lichtes auf das Gehirn unmöglich zu machen, noch die weitere Vorsicht gebraucht wurde, dass ich die (früher mit Filtrierpapier gut ausgetrockneten) Augenhöhlen mit (möglichst heiss aufzutragendem) schwarzen Wachs ausfüllte und nebstbei noch den ganzen Schädel mit einer dicken Kappe vom gleichen lichtabsorbierenden Material bedeckte.[1])

---

[1]) Wegen der starken Schleimabsonderung halten diese Kappen meist nur ein paar Tage und müssen dann durch neue ersetzt werden. Bei der ausserordentlichen Lebenszähigkeit dieser Tiere (denen ich während der ganzen Beobachtungszeit auch keine Nahrung verabreichte) wird es nicht Wunder nehmen, dass sie trotz aller dieser Misshandlungen oft wochen- ja manche sogar monatelange agil bleiben.

Helligkeitsgefühl.

(Expositionsdauer 15—40 Minuten.)

Weiss-Schwarz.

I.		II.		III.	
Weiss	Schwarz	Weiss	Schwarz	Weiss	Schwarz
10	16	4	20	6	14
8	18	8	16	5	15
9	17	8	16	9	11
7	19	5	18	8	12
9	17	2	21	8	9
7	19	6	17	15	13
12	13	6	17	9	19
10	15	3	20	10	18
15	10	9	11	4	23
6	19	13	7	6	21
9	18	8	12	7	11
10	17	10	10	3	15
9	18	6	14	6	11
11	16	11	9	4	13
8	19	7	13	5	13
9	15	9	10	3	15
11	13	6	13	7	11
7	17	4	14	4	14
8	16	3	15	3	15
10	14	6	12	10	8
6	18	5	13	4	14
7	17	4	14	2	16
12	12	4	14	5	13
8	16	3	15	5	13
7	17	5	13	8	10
9	12	9	9	6	12
4	16	4	14	3	15
7	13	4	12	3	15
9	11	4	12	4	14
6	14	2	14	9	9
9	11	1	15	8	10
7	13	4	14	7	11
5	15	6	12	5	13
.	.	.	.	3	15
281	**511**	**189**	**456**	**204**	**461**
1 :	1·9	1 :	2·4	1 :	2·2

Gesammtsumme: 2102. [1])
Weiss: 674.
Schwarz: 1428.

[1]) Bezüglich der vorstehenden Frequenzsummen und der Reactionswerte mache ich darauf aufmerksam, dass sie z. T. von den betreffenden Werten in meinem Vorberichte ein wenig abweichen und zwar deshalb, weil ich inzwischen wieder einige neue Beobachtungen angestellt habe.

1) $\frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{2{\cdot}1}$.

Vorstehende Zalen bedürfen wol keines weiteren Commentars Wenn nämlich, wie sich zeigt, von 2102 beobachteten Individuen 1428 das Dunkel und nur 674 das Hell frequentierten, und wenn ferner, wie die Durchsicht der einzelnen Ziffern lehrt, bei in Summa 100 Einzelbeobachtungen die Mehrzal der Besucher nicht weniger als 90mal auf die dunkle Abteilung entfiel, so ist es doch evident dass unsere Tiere auch im geblendeten Zustand gegen grössere Helligkeitsdifferenzen empfindlich sind.

Dabei beachte man aber noch Folgendes: Erstens, dass das Licht durch das Medium der Haut insoferne die gleiche Wirkung wie durch das Medium der Augen hervorbringt, als die Tiere in beiden Fällen das Dunkel dem Hell vorziehen, letzteres also offenbar Unlust hervorruft und dann zweitens, dass die Reaction bez. der Gegensatz der Lichtgefühle (und Empfindungen) bei den geblendeten Tieren auffallend geringer als bei den normal Sehenden ist.

Leider versäumte ich es, die Hautempfindlickeit auch bei kleineren Helligkeitsunterschieden zu prüfen; auf Grund der bei der Küchenschabe gemachten Erfahrungen zweifle ich aber keinen Augenblick daran, dass auch diese Tiere auf relativ geringe Differenzen reagieren.

Farbengefühl.

Rot—Blau m. Ultrav.

I.		II.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
8	5	11	2
9	4	9	4
7	6	10	3
8	5	7	6
10	3	8	5
8	5	10	3
8	5	7	6
9	4	11	2
7	6	8	5
9	4	10	3
83	**47**	**91**	**39**

2) $\frac{\text{h. Rot}}{\text{d. Blau m. uv.}} \left(\frac{6}{30}\right) = \frac{1}{0{\cdot}4}$.

Beachten wir, dass bei sämmtlichen 20 Beobachtungen das Rot stärker als das Blau frequentiert war, so erscheint es mir völlig zweifellos, dass Rot und Blau verschiedene Wirkungen hervorbringen, bez. dass auch die geblendeten Salamander farbenempfindlich sind.

Ausdrücklich betont sei noch, dass die in Rede stehenden Reactionen in der Tat auf qualitative und nicht etwa auf quantitative Lichtdifferenzen zu beziehen sind und zwar darum, weil, wenn sie im Sinne des Helligkeitsgefühles reagieren würden, nicht Rot, sondern das dunklere Blau vorgezogen werden müsste.

Rot—Blau m. w. Ultrav.

I.		II.		III.	
Hell-Rot (Nr. 10/15)	Dunkel-Blau (Nr. 43/40)	Hell-Rot (Nr. 10/15)	Dunkel-Blau (Nr. 43/40)	Hell-Rot (Nr. 10/15)	Dunkel-Blau (Nr. 43/40)
12	6	10	5	11	2
9	9	9	6	9	4
9	6	10	5	10	3
6	12	8	7	11	2
9	9	12	3	10	3
12	6	8	7	7	6
13	5	7	6	9	4
13	5	11	2	8	5
11	7	9	4	13	0
11	5	10	3	10	3
12	4	7	6	9	4
10	6	13	0	11	2
11	5	10	3	11	2
10	6	8	5	9	4
8	8	13	0	11	2
8	7	8	5	8	5
10	6	9	4	11	2
8	8	8	5	8	5
12	4	11	2	10	3
9	6	9	4	10	3
9	6	9	4	7	6
11	4	9	4	9	4
9	7	11	2	13	0
9	6	7	6	10	3
9	6	11	2	9	4
7	8	10	3	11	2
		8	5	8	5
		9	4	13	0
		9	4	11	2
		12	1	11	2
257	**167**	**285**	**117**	**298**	**92**

Gesammtsumme: 1216.
Rot: 840.
Blau: 376.

3) $\frac{\text{h. Rot}}{\text{d. Blau m. w. uv.}} \left(\frac{15}{30}\right) = \frac{1}{0{\cdot}4}.$

Da auch hier das Rot mehr als zweimal so stark wie d Blau besucht wurde, und in 90 Beobachtungsfällen die Überz 79mal auf die erstgenannte Farbe entfiel, kann selbstverständli absolut kein Zweifel sein, dass den geblendeten Salamandern au das ultravioletarme resp. ultravioletlose Blau (contra Rot) se unangenehm ist, oder dass sie mit andern Worten auf den Farbe contrast Rot-Blau reagieren.

Weiss ohne — Weiss m. Ultrav.

I.		II.	
Hell-Weiss o. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 5*}}{1{\cdot}2}\right)$	Dunkel-Weiss m. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 1}}{1{\cdot}7}\right)$	Hell-Weiss o. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 5*}}{1{\cdot}2}\right)$	s. Dunkel-Weiss m. uv. $\left(\frac{\text{Nr. 5}}{27}\right)$
9	5	4	10
11	3	1	13
6	8	7	7
9	5	2	12
11	3	6	8
12	2	7	7
10	4	5	9
11	3	3	11
9	5	6	8
10	4	4	10
9	5	3	11
12	2	1	13
119	**49**	**49**	**119**

Diese beiden Versuchsreihen sind ausserordentlich instructi Aus Reihe I ersehen wir nämlich, d a s s, solange die Helligkeit differenz (1·2, 1·7) eine geringe ist, d a s u l t r a v i o l e t l o s e W e i s i n e n t s c h i e d e n s t e r W e i s e d e m g e w ö h n l i c h e n W e i s v o r g e z o g e n wird (in 12 Fällen 11mal!), dass also das Ultraviol auch den geblendeten Salamandern sehr unangenehm ist, währen uns Reihe II, in welcher das gewöhnliche Weiss s e h r v i e l dunkl wie das ultravioletlose war, den Beweis liefert, dass die Qualität

reaction auch hier bei sehr ungünstig werdendem Intensitätsverhältnis einen totalen Umschlag (nämlich im Sinne der Präferenz des gewöhnlichen Weiss) erfahren kann.

Es zeigt sich somit, dass die auf photodermatischen Empfindungen beruhenden Gefühlserregungen gerade so wie die durch photommatische Perceptionen bedingten, und zwar auch im gleichen Sinne, einerseits von der Qualität und andererseits von der Intensität des vorhandenen Reizes abhängig sind.

$$4)\quad \frac{\text{Weiss o. uv.}}{\text{Weiss m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}4}.$$

Rot-Grün. I.		Grün-Blau m. w. uv. II.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	Dunkel-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	Hell-Grün $\left(\frac{\text{Nr. 35}}{15}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 43}}{40}\right)$
8	6	9	5
9	5	8	6
9	5	10	4
8	6	7	7
9	5	8	6
9	5	8	6
7	7	9	5
9	5	7	7
11	3	8	6
11	3	11	3
9	5	9	5
10	4	10	4
		11	3
109	**59**	**131**	**79**

Die Versuche ergeben eine entschiedene Präferenz einerseits des Rot contra Grün und andererseits des Grün contra Blau und zwar, wie man sieht, da das vorgezogene Licht das intensivere ist, mit Überwindung des Helligkeitsgeschmackes.

Demnach ist die Haut des Triton nicht nur gegen grössere, sondern auch gegen kleinere Differenzen der Wellenlänge empfindlich und zwar in dem Sinne, dass, wie bei den normalen Tieren, immer das langwellige Licht dem kurzwelligen vorgezogen wird.

Die Minimalverhältnisse sind:

$$5)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Grün}} = \frac{1}{0{\cdot}5}.$$

$$6)\quad \frac{\text{Grün}}{\text{Blau m. w. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Rot-Gelb.

										Summ
Hell-Rot	$\left(\frac{\text{Nr. 6}}{6}\right)$	37	43	28	31	50	32	39	45	**30**
Dunkel-Gelb	$\left(\frac{\text{Nr. 25}}{17}\right)$	32	22	37	34	15	33	25	20	**21**

Auch dies Ergebnis steht im Einklang mit dem bei den normale Tieren erhaltenen, indem, wie man sieht, die Präferenz des Rc contra Gelb auffallend geringer als die contra Grün und Blau ist.

$$6^{*})\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Gelb}} = \frac{1}{0{\cdot}7}?$$

Versuche bei directem Sonnenlicht.

Diese Versuche unternahm ich erstens, um zu sehen, welche Einfluss die Steigerung der Lichtintensität auf die Reactionsstärk ausübt, und zweitens, um zu eruieren, inwieweit hiebei auch di stralende Wärme in Betracht kommt.

Rot — Blau m. Ultrav.

I.		II.		III.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{15}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{15}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 10}}{15}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{40}\right)$
10	2	11	1	4	8
12	0	10	2	12	0
10	2	6	6	9	3
12	0	12	0	8	4
8	4	4	8	7	5
12	0	12	0	10	2
8	4	3	9	9	3
9	3	12	0	12	0
11	1	8	4	8	6
92	**16**	**78**	**30**	**79**	**31**

Gesammtsumme: 326.
Rot: 249.
Blau: 77.

$$7)\quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau}}\ (\text{dir. Sonnenl.}) = \frac{1}{0 \cdot 3}.$$

Die Durchsicht der einzelnen Frequenzzalen und namentlich der Umstand, dass das Blau wiederholt vollständig gemieden wurde (nie umgekehrt!) macht es, wie mich dünkt, ganz zweifellos, dass bei directem Sonnenlicht die Reaction in der Tat eine viel energischere als bei gewöhnlichem Tageslicht ist.

Mit Rücksicht darauf, dass bekanntlich ein rotes Glas unter sonst gleichen Umständen weit mehr stralende Wärme als ein blaues durchlässt, könnte man nun aber von vornherein annehmen, dass die erwähnte Zunahme der Reactionsintensität darin ihren Grund habe, dass die geblendeten Tiere nicht nur vom Rot als solchem, sondern auch vom Plus an stralender Wärme angezogen werden.

Um hierüber ins Klare zu kommen, machte ich nun folgenden Controlversuch. Ich liess das Fenster der einen Abteilung (wie beim Versuch mit Weiss) ganz unbedeckt, während ich vor jenem der zweiten Abteilung eine Küvette mit einer ganz wasserklaren Alaunlösung aufstellte. Letztere Kammer war also die kältere.

Der Besuch der beiden Kammern war nun nachstehender:

														Summe
Wärmere K.	3	1	1	4	0	1	3	0	3	1	2	2	3	**24**
Kältere K.	9	11	11	8	12	11	9	12	9	11	10	10	9	**132**

Daraus ersieht man, dass wenigstens bei mässiger Tagestemperatur (16° R.) die Wassersalamander nicht eine noch höhere Wärme aufsuchen, und wird man dies auch leicht begreiflich finden, wenn man bedenkt, dass die Temperatur der tieferen Wasserschichten, in denen sie sich in der Regel aufhalten, während der in Rede stehenden Jahreszeit wol meist niedriger als die Lufttemperatur ist.

Mit Rücksicht auf dies Ergebnis ist nun klar, dass bei zunehmender Beleuchtungsintensität die Präferenz des Rot in Folge der sich steigernden Wärme nicht nur nicht grösser werden kann, sondern dass sie sich sogar, wenn nicht eben die Farbenempfindlichkeit, resp. die Blauscheu den Ausschlag gäbe, verringern müsste.

Die in Rede stehenden Experimente und einige andere mit künstlichem Licht gemachte, die ich in meinem Vorbericht mitteilte, liefern dann zugleich den schlagenden Beweis, dass die unter Verwendung des gewöhnlichen Tageslichtes erhaltenen Farbenreactionen der geblendeten Salamander nicht etwa durch die (ohnehin nicht fühlbaren) Differenzen in der stralenden Wärme bedingt sein können.

Küchenschabe (Blatta germanica L.).

Diesen Repräsentanten der wirbellosen Augentiere habe ich mir für die in Rede stehenden photodermatischen Untersuchungen aus folgenden Gründen ausgesucht. Erstens, weil dieses Insect bekanntlich im normalen Zustand sowol einen sehr ausgesprochenen Helligkeits- als Farbengeschmack besitzt. Zweitens, weil seine Chitindecke zart und relativ stark durchsichtig ist, das Licht also ziemlich ungeschwächt auf die weiche Haut, resp. auf deren Nervenendigungen einwirken kann. Drittens endlich, weil es ein relativ sehr zähes Leben hat, d. h. längere Zeit ohne Nahrung aushalten und die gleich zu beschreibende Blendungs-Operation leicht ertragen kann.

Was die erwähnte Operation betrifft, mittelst welcher die Wirkung der Augen eliminiert werden soll, so bestand dieselbe einfach darin, dass ich (vgl. nachstehende Figur) nach vorhergehender Abtrennung der Fühlhörner die Augen sowie den ganzen Oberkopf mit einer ca. 3 mm. dicken Schichte von ganz heiss aufzutragendem schwarzen Wachs bedeckte.

Fig. 4.

Horizontaler Längsschnitt durch den Kopf und die Vorderbrust einer Blatta.

Dass eine solche Kappe aber wirklich gar alles Licht vom Auge abhält, überzeugte ich mich dadurch, dass ich eine etwas weniger dicke Schichte derselben Masse auf eine Glasplatte auftrug und dieselbe vor die Sonne hielt. Die Platte erwies sich als vollkommen undurchsichtig. Die übrigen Versuchsbedingungen waren dieselben wie oben bei den normalen Tieren (pag. 147) d. h. sie wurden in je einer Abteilung des bekannten Blechtroges beobachtet und zwar bei jedesmaliger Vertauschung der Lage der Vergleichslichter. Nur die Expositionsdauer wurde grösser genommen, nämlich von 5 Minuten (bei den normalen T.) auf 1 Stunde ausgedehnt, wobei ich übrigens speciell betreffs der Weiss-Schwarz-Reaction bemerken muss, dass eine solche vielfach schon binnen kürzerer Zeit (nach 10 bis 20 Minuten) zu constatieren ist.

Helligkeitsgefühl.

W e i s s - S c h w a r z.

I.		II.	
Weiss	Schwarz	Weiss	Schwarz
9	9	9	19
8	10	11	17
4	15	12	16
9	9	11	17
5	14	10	16
6	13	4	22
3	16	5	21
5	14	8	18
6	13	8	18
6	13	10	12
3	16	6	16
4	15	4	17
5	14	5	16
9	8	9	12
4	15	8	13
6	13	6	11
8	11	3	14
6	19	6	11
4	21	5	10
6	18	6	9
7	17	4	10
8	16	4	10
5	19	4	18
8	20	7	13
8	20	6	12
11	17	3	12
163	**385**	**174**	**380**

Gesammtsumme: 1102.
Weiss: 337.
Schwarz: 765.

$$1)\quad \frac{\text{Weiss}}{\text{Schwarz}} = \frac{1}{2{\cdot}3}.$$

Beachtet man wieder, dass Schwarz durchschnittlich mehr als zweimal so stark wie Weiss frequentiert wurde, und dass ferner mit Ausnahme von zwei Fällen, wo Frequenzgleichheit herrschte, die P r ä f e r e n z c o n s t a n t a u f S e i t e d e s S c h w a r z w a r, so müssen wir es wol als eine zwar überraschende aber deswegen nicht minder richtige Tatsache ansehen, dass die K ü c h e n s c h a b e a u c h i m g e b l e n d e t e n Z u s t a n d l i c h t e m p f i n d l i c h r e s p. l i c h t s c h e u i s t.

Hell — weniger Hell.

Hell (1)	7	7	8	6	6	2	5	4	10	5	**50**
w. Hell (81)	15	14	10	12	12	8	14	15	9	12	**121**

$$2)\quad \frac{\text{Hell}}{\text{w. Hell}} \left(\frac{1}{81}\right) = \frac{1}{2\cdot 4}.$$

Ich darf hier wol, die nüchterne Darstellung für einen Mom unterbrechend, zunächst die Bemerkung machen, dass ich durch Ergebnisse dieses Versuches, trotzdem ich mich im Verlaufe mei sonstigen Experimente schon an Ueberraschungen genug gewöhnt ha in eine förmliche Aufregung versetzt wurde.

Oder ist es denn nicht in der Tat im höchsten Grade frappiere dass Tiere, die mit Hilfe ihrer (verdeckten) Augen absolut nichts sel können, dennoch und zwar in so energischer Weise auf relativ geri Helligkeitsunterschiede reagieren?

Umsomehr muss ich es aber auch bedauern, dass ich diese e während der Drucklegung des vorliegenden Werkes unternomme Experimente über die Helligkeitsreactionen der geblendeten Blat nicht weiter fortsetzen konnte.

Farbengefühl.

Rot—Blau mit Ultrav.

I.		II.	
Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$	Hell-Rot $\left(\frac{\text{Nr. 6}}{5}\right)$	Dunkel-Blau $\left(\frac{\text{Nr. 39}}{30}\right)$
18	12	11	10
18	12	10	6
19	11	9	5
19	11	7	6
16	14	10	3
16	14	15	12
20	6	16	11
16	11	15	11
16	11	18	8
15	12	15	11
9	14	13	13
15	7	18	6
16	6	11	5
16	5	15	1
13	8	14	2
14	7		
256	**161**	**197**	**110**

$$3) \quad \frac{\text{Rot}}{\text{Blau m. uv.}} = \frac{1}{0{\cdot}6}.$$

Erwägen wir, dass das Rot, obwol seine Helligkeit ungünstiger als die des Blau ist, beinahe zweimal so stark wie letzteres besucht wurde, und dass die Präferenz bei im Ganzen 32 Beobachtungen mit Ausnahme eines einzigen Falles stets auf das Rot entfiel, so unterliegt es wol keinem Zweifel, dass die geblendeten Küchenschaben auch farbenempfindlich resp. blauscheu sind.

III. Abschnitt.

Zusammenfassung und Erklärung der Ergebnisse.

Im Nachstehenden gebe ich zunächst eine tabellarische Uebersicht der erhaltenen Resultate, wobei ich zum Vergleiche auch die Ergebnisse der einschlägigen Versuche bei den mit Augen versehenen Tieren anführe.

Wal-Lichter	Lumbricus		Triton		Blatta	
	normal	ohne Vorder-ende	normal	ohne Augen	normal	ohne Augen
Schwarz-Weiss .	5·2 [1]	2·7	159·6	2·1	7·0	2·3
Rot-Blau m. uv. .	5·0	3·3	14·7	2·5	5·0	1·7
Rot-Grün	2·5	—	1·4	2·0	—	—
Grün-Blau m. uv.	3·3	—	3·3	1·7	—	—
Weiss o. - Weiss m. uv.	5·0	—	1·7	2·5	—	—
Rot-Gelb	—	—	1·7	1·4	—	—

In Worten lassen sich diese Verhältnisse etwa folgendermassen ausdrücken:

1. Gewisse augenlose resp. geblendete Tiere reagieren nicht nur auf Helligkeits- sondern auch auf Farbendifferenzen und sind diese Reactionen z. T. ebenso stark wie bei vielen Tieren, welche ganz vollkommene Augen besitzen.

2. Die (von mir untersuchten) geblendeten Tiere reagieren auf die ihnen zur Auswal überlassenen Lichter ganz im Sinne der normalen oder anders ausgedrückt, Lust- und Unlustwirkung sind z. T. an die gleichen Helligkeits- und Farbenzustände gebunden.

3. Die Reactionen der geblendeten Tiere sind aber, wenigstens bezüglich gewisser Lichtdifferenzen (Weiss-Schwarz, Rot-Blau), sehr bedeutend schwächer als die durch die Augen vermittelten.

---

[1]) Diese Zalen geben an, wie oftmal das erstgenannte Licht stärker wie das zweite besucht wurde.

4. Die relative Stärke der Reaction für verschiedene Lichtdifferenzen (Weiss-Schwarz, Rot-Blau etc.) scheint im Allgemeinen bei den geblendeten Tieren jener bei den normalen zu entsprechen.

Wenden wir uns nun der schwierigen Aufgabe der Erklärung der vorstehenden Ergebnisse zu. Die erste Frage, die sich aufdrängt, ist offenbar die, worin denn die Lichtreactionen der augenlosen Tiere ihren Grund haben, d. h. wie bei der Einwirkung des Lichtes auf die Haut resp. auf den Körper überhaupt jene Gefühlserregungen zu Stande kommen, die dann ihrerseits die gewissen reactiven Bewegungen veranlassen.

Bezieht sich die Frage auf die dermatische oder sommatische Lichtwirkung bei den Tieren überhaupt, so haben wir bekanntlich von vorne herein wenigstens drei Möglichkeiten ins Auge zu fassen. Die Wirkung kann nämlich erstens eine thermische sein, darin bestehend, dass die von einer Lichtquelle (Sonne, Flamme) ausgehenden Wärmestralen eine Erregung der thermischen Nervenendigungen hervorrufen. Sie kann dann zweitens eine chemische sein, d. h. durch gewisse Lichtstralen können directe Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der Haut resp. des Körpers herbeigeführt werden, welche wieder alterierend auf das Allgemeingefühl des Tieres einwirken. Und endlich kann die Wirkung des Lichtes darauf beruhen, dass dasselbe, in analoger Weise wie die Wärme, aber unabhängig von der letzteren, eigenartige Erregungen gewisser Hautnervenendigungen hervorruft. Ich bezeichne letztere als photodermatische Empfindungen im engeren Sinn.

Was nun zunächst die thermischen Wirkungen des Lichtes betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass dieselben teils für sich allein, teils in Verbindung mit den andern Wirkungen bei den Lichtreactionen der augenlosen Tiere in der Natur eine grosse Rolle spielen und sind, worauf im Allgemeinen viel zu wenig Rücksicht genommen wird, unstreitig viele jener Erscheinungen, welche in der Literatur bisher einfach auf Lichtempfindungen bezogen wurden, rein nur auf thermische Einflüsse zurückzuführen. [1])

---

[1]) Ich will hier u. A. darauf aufmerksam machen, dass z. B. das periodische Auf- und Niedersteigen gewisser augenloser Seetiere, das man z. T. dem Licht zuschreibt, möglicherweise, soweit nicht andere Factoren, wie die Nahrung, die Wasserbewegung u. s. w. in Betracht kommen, nur eine Folge der mit der Tageszeit, resp. mit der Lichtintensität sich verändernden stralenden Wärme ist.

Zu einem näheren Eingehen in diese Frage fehlt vorläufig aber die Grundbedingung, nämlich eine ausgedehntere Untersuchung des Wärmegeschmackes der verschiedenen Tiere.

Anders verhält es sich aber offenbar mit den Lichtreactionen bei unseren Experimenten. Abgesehen davon nämlich, dass unter den von uns gesetzten Versuchsbedingungen d. i. bei Anwendung des zerstreuten Sonnenlichtes von irgendwie fühlbaren Differenzen in der stralenden Wärme der Vergleichslichter wol kaum die Rede sein kann, wurde ja auch für einen speciellen Fall, nämlich für den Triton der Nachweis geliefert, dass die eigentliche Licht- von der Wärmereaction völlig unabhängig ist, und will ich bezüglich der Küchenschabe und des Regenwurms auf Grund von in den letzten Tagen gemachten Controlversuchen noch beifügen, dass bei diesen Tieren selbst thermische Differenzen bis zu zwei Graden keine Ortsveränderungen hervorrufen, womit aber selbstverständlich nicht gesagt sein soll, dass die betr. Tiere gegen solche Wärmeunterschiede ganz unempfindlich oder auch nur gleichgiltig seien.

Ist aber in den vorliegenden Fällen das Lichtgefühl entschieden nicht auf thermische Reize zu beziehen, so ist unsere Aufgabe insoferne erleichtert, als wir jetzt nur mehr zu untersuchen brauchen, ob dasselbe auf chemischen Einwirkungen oder auf specifischen Lichtempfindungen beruht.

Ich will zunächst die erstere Eventualität ins Auge fassen, wobei ich mich aber auf die einschlägigen Verhältnisse nicht weiter einlassen kann, als es für unsere Zwecke unbedingt notwendig ist.

Was vor Allem die Frage betrifft, ob denn das Licht als solches in den lebenden tierischen Organismen directe chemische Veränderungen d. i. Zersetzungen oder Umsetzungen von Stoffen bewirken kann, so muss dieselbe a priori wol unbedingt bejaht werden, denn, wenn, wie bekannt, das genannte Agens viele unorganische Substanzen beeinflusst, wenn es also überhaupt chemisch wirksam ist, so ist ja nicht einzusehen, warum sich diese Wirksamkeit nicht auch auf gewisse organische Verbindungen erstrecken sollte.

Unsere bisherige tatsächliche Kenntnis von organischen Substanzen, an welchen directe photochemische Veränderungen beobachtet wurden, ist nun allerdings eine äusserst geringe, indem sie sich fast ausschliesslich nur auf gewisse pflanzliche und tierische Pigmente, wie z. B. auf das Chlorophyll und die retinalen Farbstoffe, erstreckt; erwägen wir indessen, dass ja gerade die Haut der Tiere (und speciell der in Rede stehenden wie z. B. des Triton) der hauptsächlichste Sitz von Pigmenten ist, und dass letztere ferner unmittelbar dem Lichte exponirt sind, so darf man es meines Erachtens nicht nur für möglich sondern sogar für wahrscheinlich halten, dass das genannte Agens tat-

sächlich auch hier gewisse und nicht unmittelbar von sensitiven Vorgängen begleitete chemische Veränderungen verursache.

Die Hauptfrage, um die es sich da handelt, ist aber offenbar nicht die, ob das Licht überhaupt in unmittelbarer Weise gewisse stoffliche Umsetzungen hervorruft, sondern die, ob diese Umsetzungen von solcher Beschaffenheit und vor Allem von solchem Umfange sind, dass dadurch das Allgemeingefühl des Tieres wesentlich beeinflusst wird.

Dass dies nun factisch möglich ist, zeigt unter Anderem das von Th. Engelmann [1]) eingehend studierte Lichtverhalten gewisser chlorophyllführender niederster Organismen, z. B. von Parmaecium bursaria. Bei diesen Geschöpfen wird nämlich unter dem Einfluss des Lichtes und unter Vermittlung des genannten Pigmentes Sauerstoff ausgeschieden, und die Lichtbewegungen desselben erfolgen nun unter entsprechenden Umständen, z. B. wenn die Tiere in einem abgeschlossenen Tropfen leben, ganz im Sinne des jeweiligen Sauerstoffbedürfnisses, indem sie beispielsweise bei zu geringer O-Spannung dem Lichte nachgehen, weil ja an den betreffenden Stellen neuer O erzeugt wird, während sie wieder bei zu grossem O-Gehalt das Dunkel aufsuchen.

Wenn aber die unmittelbaren photochemischen Wirkungen in diesem Fall das Allgemeinbefinden der betreffenden Organismen beeinflussen, ja den Trieb ihrer Bewegung fast ausschliesslich bestimmen, so folgt daraus aber selbstverständlich nicht, dass es sich bei den von uns untersuchten Tieren ähnlich verhalte, denn die Sachlage ist ja hier eine wesentlich andere.

Ich möchte diesfalls vor Allem betonen, dass die eventuellen Umsetzungen des Hautpigmentes jedenfalls nur sehr geringe sein können, da ich z. B. beim Triton, wenn ich ihn aus dem Hellen in das Dunkle oder umgekehrt aus dem Dunkeln in das Helle brachte, selbst nach Verlauf eines ganzen Tages keinerlei Hautverfärbung constatieren konnte. [2])

Aber selbst für den Fall, dass eine solche Pigmentzerstörung während der kurzen Zeit, in der die Tiere bei unsern Versuchen dem Licht exponiert werden, stattfände, ist doch nicht wol anzunehmen, dass die betreffenden Umsatzproducte, sagen wir vor Allem die

[1]) Über Licht- und Farbenperception niederster Organismen. Pflüger's Archiv f. Physiologie, 29. Bd. p. 387—400.

[2]) Wenn sich eine solche, wie man gelegentlich beobachtet, nach längerer Zeit bemerklich macht, so folgt daraus übrigens noch lange nicht, dass man es mit einer directen Lichtwirkung zu tun hat.

ein und dasselbe Licht bei einem Tier Lust-, beim anderen Unlust-Gefühle erzeugt und ein Tier, das sich z. B. in einem für es unangenehmen Licht befindet, im allgemeinen unruhiger ist, d. h. sich, um einen Ausweg zu suchen, stärker bewegt und in Folge dessen auch mehr athmet, und also auch mehr CO_2 ausscheidet als ein anderes, dass sich im gleichen Lichte wol fühlt. [1])

Ganz besonders bedenklich erscheinen mir aber gewisse Angaben von Moleschott bezüglich der durch das Licht bewirkten Differenzen in der CO_2-Abgabe bei geblendeten Tieren.

Ich begreife nämlich zwar ganz wol, dass die CO_2-Abgabe eines sehenden Tieres vielfach anders als die eines geblendeten sein mag, denn das Sehen als solches kann ja wie jedes Empfinden einen grossen Einfluss auf die respiratorischen Nerven (bez. auf die Athmungs-Frequenz und Athmunggrösse) ausüben, [2]) ich halte es aber von vorneherein für höchst unwahrscheinlich, dass sich auf Grund ungleicher Belichtung bei geblendeten Tieren, deren Haut wie beim Sperling oder der Ratte mit einem dichten Feder- oder Haarkleid bedeckt ist, Differenzen in der Respiration ergeben sollen, bez. dass sich, wie M. angibt, wirklich sicher constatieren lässt, dass im Gegensatz zu den sehenden Tieren, bei den geblendeten Säugern und Vögeln die Wirksamkeit des violetten Lichtes schwächer als diejenige des roten ist.

Aber auch den Fall gesetzt, was durch die obigen und gewisse andere einschlägige Versuche von Yung Emile [3]), Fatigati [4]) u. A. noch lange nicht erwiesen ist, dass gewisse Lichtdifferenzen bei den geblendeten Tieren und zwar in directer Weise beträchtliche Unterschiede in der CO_2-Production hervorriefen, so dürfte doch, wie ich sofort

---

[1]) Ich habe hiebei unter den von Moleschott untersuchten Tieren speciell den Frosch und den Sperling vor Augen, indem ersterer bekanntlich blau-, letzterer rotscheu ist.

[2]) Schon mit Rücksicht darauf, dass sich geblendete Tiere weniger stark als sehende bewegen, ist zu erwarten, dass im allgemeinen die CO_2-Abgabe (und Production) bei den letzteren grösser als bei den ersteren ist.

Damit harmoniert auch die Angabe von M. für Frösche, indem die resp CO_2-Mengen sich wie 1 : 1·14 verhalten.

[3]) Influence de différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux (Arch. de zool. exper. t. VII. 1878 u. Mitteilg. aus d. zool. Station zu Neapel, II. Bd. 2. Heft.

[4]) Influence des divers couleurs sur le développement et la respiration des Infusoires (Acad. d. scienc. Compt. rend. 99. Bd. 1879.

Die betreffenden Experimente ergaben, dass von allen Lichtern das blaue und violette die Assimilation, bez. das Wachstum am meisten befördern.

Eigene Versuche an Puppen von Pieris und Vanessa liessen in Bezug auf die Entwicklungszeit keine Unterschiede erkennen.

zeigen will. nicht ohne Weiteres angenommen werden, dass die in Rede stehenden photokinetischen Reactionen durch die erwähnten chemischen Vorgänge verursacht werden.

Nehmen wir, um die Sache möglichst klar zu machen, zunächst an, es befänden sich, wie bei den obigen Versuchen, die zwei verschiedenen Lichtern z. B. Rot und Blau exponierten Versuchstiere (sagen wir Tritonen) in zwei voneinander und auch von der äusseren Luft vollkommen abgesonderten Gefässen und es würden z. B. jene im blauen Licht mehr CO_2 als die im andern producieren. Unter diesen Umständen würden sich nun offenbar die Tiere in der blauen Abteilung nach einer gewissen Zeit in Folge des rascher als in der Rot-Abteilung abnehmenden Sauerstoffes unbehaglicher als jene in der letzteren fühlen, und wenn wir nun plötzlich zwischen beiden Räumen eine bequeme Communication herstellen könnten, so würden sich die an Athemnot leidenden Blautiere ohne Zweifel, soweit ihnen dies ohne Hilfe der Augen überhaupt möglich ist,[1]) in die bessere Luft der andern Abteilung begeben und wir erhielten so in der Tat ein Resultat, das den von uns nachgewiesenen locomotorischen Reactionen gleichkäme.

Ich brauche aber wohl nicht eigens zu sagen, dass bei unsern Experimenten die Verhältnisse total andere sind, indem sich wegen der freien Communication der ungleich belichteten Abteilungen untereinander sowohl als mit der äussern Luft eine Differenz im Sauerstoffgehalt der Luft oder auch des Wassers[2]) der beiden Abteilungen gar nicht bilden kann.

Es könnte freilich eingewendet werden, dass ja eine eventuelle Überproduction von CO_2 und überhaupt eine Anomalie des Stoffwechsels an und für sich schon d. i. ganz unabhängig von der Beschaffenheit des äussern Mediums einen Unlustzustand hervorrufen und das Tier zu einer Veränderung seines Aufenthaltes veranlassen kann.

Wenn ich aber auch die Möglichkeit einer solchen Wirkung zugebe, so darf andererseits auch nicht verschwiegen werden, dass

---

[1]) Die Flucht der geblendeten Tiere aus einer für sie unangenehm belichteten Abteilung in eine andere beruht, wie man sich leicht überzeugen kann, auf demselben unruhigen Sichhinundherbewegen, wie bei uns selbst, wenn wir uns etwa in ganz finsterer Nacht aus einem uns unbekannten Zimmer flüchten wollen, das uns z. B. wegen eines übeln Geruches oder wegen extremer Kälte oder Wärme unangenehm ist.

[2]) Bezüglich des Wassers sei noch bemerkt, dass dasselbe bei dem Versuch mit den Tritonen eine so dünne Lage bildete, dass der Kopf der Tiere und oft auch der ganze Körper ausserhalb desselben sich befand.

unter Umständen auch das gerade Gegenteil stattfinden kann, insoferne die Anhäufung von Kohlensäure und anderer Zersetzungs-Producte bekanntlich eine Herabstimmung der ganzen Lebensenergie und demnach auch eine Hemmung des Bewegungstriebes im Gefolge hat.[1])

Sehen wir nun, ob die Annahme, dass die in Rede stehenden Licht-Reactionen auf eine Erregung der Hautnerven, also auf Sinnes-Empfindungen zurückzuführen sind, günstigere Chancen als die eben erörterte chemische Hypothese darbietet.

Ich glaube, dass dies in der Tat der Fall ist. Während wir bekanntlich zunächst darüber, ob das Licht wirklich und zwar in directer Weise an der tierischen Haut stoffliche Veränderungen von einigermassen grösserem Umfange hervorruft, absolut nichts Bestimmtes wissen, kann es meines Erachtens zunächst wol keinem Zweifel unterliegen, dass das genannte Agens unter entsprechenden Umständen die Nervenendigungen der Haut afficiert und somit Sinnesempfindungen auslöst. Ich denke hiebei vor Allem an jene Fälle, in denen das Licht bei gewissen augenlosen Tieren, wie z. B. bei manchen Actinien, dann bei Dentalium, und besonders prägnant beim Regenwurm, ganz momentane Reactionen verursacht, indem die betreffenden Geschöpfe, sobald sie von einem intensiveren Lichtstral getroffen werden, augenblicklich gewisse Abwehr- oder Fluchtbewegungen ausführen.

Es könnte allerdings eingewendet werden, dass gelegentlich z. B. bei den chlorophyllführenden Schwärmsporen, ebenso momentane Bewegungserscheinungen in Folge rein chemischer Wirkungen des Lichtes z. B. durch plötzliche Hemmung der O-Abscheidung, auftreten; wir wissen aber fürs erste nicht bestimmt, ob bei den betreffenden Reactionen die stattgefundene chemische Veränderung wirklich als primäre Ursache anzusehen ist, indem ja eine gleichzeitige Erregung des Protoplasmas denkbar ist, und dürfen wir dann auch nicht vergessen, dass bei solchen Mikroorganismen gewisse chemische Veränderungen wie eben die durch das Licht bedingten Schwankungen der O-Erzeugung von viel einschneidenderer Wirkung sind als bei relativ so grossen Geschöpfen, wie es etwa eine Actinie oder ein Regenwurm ist.

Speciell für die geblendete Küchenschabe und den der Augen beraubten Triton ist nun freilich ein solches momentanes Aufdaslichtreagieren noch nicht nachgewiesen, wenn wir aber erwägen, dass bei unseren Versuchen in der Regel schon nach wenigen

---

[1]) Vgl. u. A. die Mitteilung von Fol im zool. Anzeiger 1882 p. 699, nach welcher diverse Seetiere durch CO_2 eingeschläfert werden.

Minuten ein entschiedener Frequenzunterschied bemerkbar ist und dass die berteffenden Tiere, die sich in Folge einer für sie unangenehmen Belichtung aus einer Kammer in die andere flüchten, lange Zeit herumirren, ich möchte sagen herumtappen müssen, bis sie in das ihnen zusagendere Licht gelangen, so dürfen wir, scheint mir, ohne viel Bedenken annehmen, dass die eigentliche Reaction, d. i. das Auftreten der Unlustempfindung oder des Fluchttriebes auch hier dem Getroffenwerden der Haut durch das Licht unmittelbar nachfolgt. Auf keinen Fall aber dürfte das Intervall zwischen dem Setzen der Ursache und dem Eintreten der Abwehrbewegung so gross sein, dass sich während dieser Zeit eine zu Störungen des Allgemeinbefindens ausreichende Menge von CO_2 oder anderer Zersetzungsproducte anhäufen könnte.

Die Annahme, dass die in Rede stehenden Reactionen auf einer directen Empfindung des Lichtes beruhen, hat aber vor der chemischen Hypothese vor Allem noch das voraus, dass sich durch dieselbe das Zustandekommen der Reaction selbst viel ungezwungener erklären lässt. Es genügt diesfalls einfach auf die Tatsache hinzuweisen, dass bekanntlich die meisten und die energischesten reactiven Bewegungen, mag es sich nun um ein Streben nach lusterweckenden oder um ein Widerstreben gegen unlusterzeugende Reize handeln, durch Empfindungen veranlasst werden, welche jene Reize und zwar direct d. i. unter Vermittlung peripherer Perceptionseinrichtungen hervorrufen.

Was mir aber noch ganz besonders dafür zu sprechen scheint, dass wir es hier mit directen Lichtempfindungen zu tun haben, das ist die schon früher erwähnte Art der Entwicklung der eigentlichen Sehorgane.

Wenn es nämlich richtig ist, dass die Augen, wie behauptet wird, nur der Lichtperception besonders angepasste Teile der Haut sind, dann müssen wir folgerichtig doch auch annehmen, dass die Haut als solche, ehe es zur Ausbildung jener besonderen Einrichtungen kam, eine gewisse Empfindlichkeit für die in Rede stehenden Reize besessen habe; denn im andern Falle hätte ja nicht nur das Organ sondern auch das Vermögen der Lichtempfindung ganz neu geschaffen werden müssen und es könnte von einer Entwicklung der lichtperceptorischen Einrichtungen und Fähigkeiten überhaupt gar nicht gesprochen werden.

Zum Schlusse muss ich noch kurz die Frage berühren, wie man sich denn eigentlich dieses Lichtempfinden der augenlosen Tiere vorzustellen hat.

Es geschieht dies hauptsächlich, um die Ansicht zu rectificieren, die ich in dieser Beziehung in meinem Vorbericht ausgesprochen habe.

Auf Grund der auffallenden Tatsache, dass die untersuchten geblendeten Tiere auf die ihnen zur Auswal gegebenen Lichter, wie Hell-Dunkel, Rot-Blau, Rot-Grün etc. genau in demselben Sinne reagieren wie die mit Augen versehenen, hielt ich es nämlich seinerzeit für nicht unwahrscheinlich, dass zwischen dem eigentlichen Sehen (vermittelst der Augen) und dem Lichtpercipieren vermittelst der Haut „eine gewisse, wenn auch nur entfernt zu denkende Analogie bestehe.“

Soweit möcht' ich aber gegenwärtig in meiner Schlussfolgerung nicht mehr gehen.

Wenn wir wirklich annehmen dürften, dass die Empfindung vom Weiss oder vom Rot, Blau etc., welche die Haut vermittelt, eine gewisse Aehnlichkeit mit der Wahrnehmung der gleichen Reize durch das Auge hätte, so wäre die erwähnte Übereinstimmung in der Schlusswirkung dieser Empfindungen allerdings von selbst erklärt; ganz abgesehen davon aber, dass eine solche Annahme wegen der Verschiedenheit der betreffenden Einrichtungen höchst bedenklich wäre, dürfen wir ja auch nicht vergessen, dass eine ähnliche Übereinstimmung gelegentlich auch durch völlig differente Empfindungen hervorgebracht werden kann, indem beispielsweise eine hohe Temperatur die Tritonen gerade so zur Flucht treibt, wie es das blaue Licht tut.

Wenn ich aber bezüglich der Tiere mit höher entwickelten Sehorganen die Meinung vertrete, dass ihr Hautlichtempfinden etwas vom eigentlichen Sehen wesentlich Verschiedenes sei, so möcht' ich diese Anschauung doch nicht auf jene Geschöpfe ausdehnen, welche nur sehr unvollkommene Augen besitzen, ja gewisse Erscheinungen — ich erinnere nur an die grosse Farbenempfindlichkeit des Regenwurms gegenüber dem Farben-Stumpfsinn des Blutegels — führen mich sogar zur Annahme, dass manche Tiere vermittelst ihrer Haut stärkere und deutlichere Lichtwahrnehmungen erhalten als andere mit Hilfe besonderer Sehorgane. —

INHALTSVERZEICHNIS.

Erster Teil.

Seite
Helligkeits- und Farbensinn der Augentiere 1

I. Abschnitt.

Kritische Besprechung der bisherigen Versuche 3
1. P. Bert's Versuch an den Daphniden 3
2. J. Lubbock's Versuche an Daphnia pulex 5
3. J. Lubbock's Versuche an den Ameisen 9
4. G. Bonnier's und Lubbock's Versuche an den Bienen . . . 20
5. Mereschkowsky's Versuche an niederen Crustaceen . . . 24

II. Abschnitt.

Aufgabe und Methode der eigenen Untersuchungen 26
1. Bestimmung der Aufgabe, innere Schwierigkeiten ihrer Lösung 26
2. Allgemeines Versuchsverfahren, Beobachtungseinrichtungen, Vorkehrungen zur Beschränkung der Mischung der Vergleichslichter, Eliminierung der Wärme 33
3. Bestimmung des in Anwendung kommenden Vergleichslichtes 41
   A. Bestimmung der Qualität oder Wellenlänge 41
   B. Bestimmung der Helligkeit 45
4. Nähere Schilderung des Versuchsverfahrens, Vorsichtsmassregeln zur Beschränkung diverser störender Einflüsse 49
   Berücksichtigung der beschränkten Fähigkeit der Tiere zeitlich getrennte Empfindungen zu vergleichen 49
   Öftere Wiederholung der Versuche vorteilhafter als eine grosse Zal von Versuchstieren 54
   Anordnung der Versuchstiere, Eliminierung des Einflusses der Ortsgewöhnung und der Ortserinnerung 56
   Abänderung der Versuche in Bezug auf den Expositionsraum und die Expositionszeit 61
5. Messung der relativen Intensität der Licht-Reactionen 63

III. Abschnitt.

S

Specielle Darstellung der Untersuchungen
Säugetiere
Schwein
Hund
Katze
Kaninchen
Meerschweinchen
Vögel
Stieglitz
Sperling
Gimpel
Rabe 1
Taube 1
Kakadu 1
Perlhuhn 1
Reptilien 1
Eidechse 1
Blindschleiche 1
Amphibien 1
Triton cristatus 1
Frosch 1
Kröte 1
Fische 1
Cobitis barbatula 1
Alburnus spec. 1
Weichtiere 1
Planorbis corneus 1
Limnaeus stagnalis 1
Helix nemoralis 1
Insecten 1
Pseudoneuroptera 1
Libellula depressa (Larve) 1
Agrion puella 1
Orthoptera 1
Blatta germanica 1
Stenobothrus variabilis 1
Pezotettix alpinus 1
Gryllotalpa vulgaris 1
Neuroptera 1
Panorpa communis 1
Rhynchota 1
Notonecta spec. 1
Mormidea nigricornis 1
Tettigonia viridis 1
Hymenoptera 1
Biene 1
Ameise 1

Seite

Coleoptera 180
Chrysomela menthastri 180
Coccinella globosa 187
Dytiscus marginalis 188
Calandra granaria 190
Apion frumentarium 190
Diptera 191
Musca domestica 191
Culex pipiens Larve 193
Pulex canis 199
Lepidoptera 203
Pieris crataegi. Raupe 203
„ „ Falter 208
Vanessa urticae. Raupe 211
Vanessa Jo. Raupe 215
Noctua coeruleocephala. Raupe 215
Hyponomeuta malinella. Raupe 216
Papilio xanthomelas. Raupe 216

Spinnentiere 217
Lycosa ruricola 217
Tegenaria domestica 217

Würmer 218
Aulacostomum gulo 218
Nephelis vulgaris 221

IV. Abschnitt.

ergleichende Übersicht der wichtigsten Untersuchungsergebnisse 222
1. Ergebnisse in Bezug auf das Helligkeitsgefühl . 222
2. Ergebnisse in Bezug auf das Farbengefühl 230
Verbreitung des Farbengefühles 230
Allgemeines Verhalten in Bezug auf die Vorliebe für gewisse Farben. Absolute und relative Lieblingsfarbe 230
Relative Stärke der Farbenvorliebe bei verschiedenen Differenzen der Wellenlänge der Vergleichslichter 235
Empfindlichkeit für das Ultraviolet 237
Schwankungen der Stärke der Farbenvorliebe bei verschiedenen Tieren und Farbengegensätzen 239
3. Ergebnisse in Bezug auf das Verhältnis zwischen Helligkeits- und Farbengefühl 241
Allgemeine Beziehung zwischen Helligkeits- und Farbengefühl 241
Vergleichung der Stärke des Helligkeits- und Farbengefühles 243
Schwaches Farbengefühl bei starkem Helligkeitsgefühl 244
Starkes Farbengefühl bei schwachem Helligkeitsgefühl . . . 245
Causalzusammenhang zwischen der Rot-Blau- und der Weiss-Schwarz-Vorliebe 245
4. Über den Gefühlston der tierischen Lichtempfindungen 247

V. Abschnitt.

Seite
Über den Farbengeschmack der Tiere im freien Naturleben 252
1. Allgemeine Gesichtspunkte 252
2. Kritische Besprechung einiger wichtigerer Anschauungen über den Farbengeschmack der Tiere gegenüber gewissen Naturgegenständen 257
H. Müller's Ansichten über den Farbengeschmack der Bienen gegenüber den Blumen 257
Gust. Jaegers Ansichten über den Farbengeschmack der Tiere gegenüber den Früchten 262
Gust. Jaegers Ansichten über den Farbengeschmack gegenüber gewissen Färbungen der Tiere 264
3. Über die Ursachen oder die Bedeutung des specifischen Farbengeschmackes der Tiere. 266

VI. Abschnitt.

Über den Lichtsinn der Tiere im allgemeinen 272
1. Verbreitung des Farbensinnes 273
2. Feinheit des Farbensinnes 275
3. Beschaffenheit der Farbenvorstellungen 276
4. Entwicklung des Farbensinnes 280

Zweiter Teil.

Helligkeits- und Farbensinn der augenlosen und geblendeten Tiere . 283

I. Abschnitt.

Experimente über das Lichtgefühl augenloser Tiere 290
Regenwurm 290
Lichtverhalten der Regenwürmer im normalen Zustand 291
Helligkeitsgefühl 291
Farbengefühl 292
Lichtverhalten der Regenwürmer nach Entfernung ihres Vorderendes 294

II. Abschnitt.

Experimente über das Lichtgefühl geblendeter Tiere 296
Triton cristatus 296
Helligkeitsgefühl 297
Farbengefühl 298
Versuche bei directem Sonnenlicht 302
Küchenschabe (*Blatta germanica*) 304
Helligkeitsgefühl 305
Farbengefühl 306

III. Abschnitt.

Zusammenfassung und Erklärung der Ergebnisse 308

